

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EFFECTO DE LA ALTITUD Y VEGETACIÓN EN EL CONTENIDO DE MATERIA**

**ORGÁNICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PINCHE – ASUNCIÓN –**

**CAJAMARCA**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por el bachiller:**

**SEGUNDO DEMETRIO FLORES MENDOZA**

**Asesor:**

**Ing. M.Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. **Investigador:** Segundo Demetrio Flores Mendoza

**DNI:** 47734615

**Escuela Profesional/Unidad UNC:** Agronomía.

2. **Asesor:** Ing. M.Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez.

**Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias.

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

**EFFECTO DE LA ALTITUD Y VEGETACIÓN EN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PINCHE – ASUNCIÓN – CAJAMARCA.**

6. **Fecha de evaluación:** 23/03/2024

7. **Software antiplagio:**  TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (\*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 17 %

9. **Código Documento:** oid:3117:341941551

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

APROBADO

PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

**Fecha Emisión:** 23/03/2024

*Firma y/o Sello  
Emisor Constancia*

  
Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez

**DNI:** 26613954



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 061-2024-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: “EFECTO DE LA ALTITUD Y VEGETACIÓN EN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PINCHE - ASUNCIÓN - CAJAMARCA”, realizada por el Bachiller SEGUNDO DEMETRIO FLORES MENDOZA para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las doce horas y treinta y tres minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las trece horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
PRESIDENTE

Blgo. M. Cs. Gustavo Ibérico Vela  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Cleotilde, a mi hija Ammy Sofía,  
a mi pareja Fiorella, a mis hermanos, Rosio, Violeta,  
Rosmeri, Israel y a mis sobrinas Leydi y Antonela.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi asesor de tesis, Ing. M.Sc. Atilio Israel Cadenillas Martínez por compartir sus conocimientos y el gran apoyo brindado durante la ejecución de este estudio.*

*Al Ing. Juan Francisco Montoya Quino, curador del herbario "Isidoro Sánchez Vega" CPUN-UNC. por el apoyo durante la recolección muestras en campo y en la etapa de reconocimiento de las especies.*

*A mi hermana Rosio y mi Sobrina Antonela, por todo el apoyo durante el trabajo de campo.*

*Al Ing. David Coronel Bustamante, por apoyarme en la realización de los mapas.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1.Objetivo general.....	2
1.1.1.Objetivos específicos.....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1.Antecedentes .....	4
2.2.Bases teóricas .....	6
2.2.1. El suelo .....	6
2.2.2. Alteración del suelo .....	6
2.2.3. Materia orgánica .....	7
2.2.4. Composición de la materia orgánica.....	9
2.2.5. Importancia de la materia orgánica.....	10
2.2.6. La materia orgánica y las propiedades físicas del suelo .....	12
2.2.7. La materia orgánica y las propiedades químicas del suelo.....	13
2.2.8. La materia orgánica y las propiedades biológicas del suelo .....	13
2.2.9. Materia orgánica y la estructura, textura y estabilidad de los agregados .....	14
2.2.10. La materia orgánica sobre el color y temperatura al suelo.....	15
2.2.11. La materia orgánica y la densidad aparente del suelo .....	15
2.2.12. La Materia orgánica y porosidad del suelo .....	16
2.2.13. La materia orgánica y la compactación del suelo.....	16
2.2.14. La materia orgánica y la retención de agua en el suelo .....	17
2.2.15. Factores que afectan el contenido de materia orgánica.....	17
2.3. Definición de términos .....	22
2.3.1. Carbono orgánico del suelo (COS) .....	22
2.3.2. Sustancias húmicas.....	23
2.3.3. Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> ) .....	23
2.3.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	24
2.3.5. pH.....	24
2.3.6. Metro cuadrado.....	25
2.3.7. Muestreo de suelo .....	25
2.3.8. Diversidad Biológica .....	25

2.3.9. Erosión.....	25
2.3.10. Dinámica del Suelo.....	25
2.3.11. Topografía.....	25
2.3.12. Flora Nativa.....	26
2.3.13. Uso del Suelo.....	26
2.3.14. Fuentes de Agua .....	26
2.3.15. Biodiversidad .....	26
2.3.16. Precipitación .....	26
2.3.17. Región Andina .....	26
2.3.18. Fitodepuración .....	26
2.3.19. Migración de Nutrientes.....	26
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	27
3.2. Materiales .....	29
3.3. Metodología .....	29
3.3.1. Fase inicial de gabinete.....	30
3.4. Trabajo de campo.....	32
3.4.1. Trabajo de herbario .....	35
3.4.2. Trabajo de gabinete.....	35
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Correlación entre la altitud y el contenido de materia orgánica .....	36
4.2. Correlación entre la cobertura vegetal y la materia orgánica.....	44
4.2. Correlación entre cantidad de especies vegetales y la materia orgánica.....	44
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
5.1. Conclusiones .....	47
5.2. Recomendaciones.....	47
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Contenido de materia orgánica según uso actual del suelo .....	40
<b>Tabla 2</b> Determinación de ecuación de regresión .....	41
<b>Tabla 3</b> Resultados del porcentaje de materia orgánica en la zona de estudio .....	56
<b>Tabla 4</b> Especies vegetales presentes en la zona de estudio .....	57
<b>Tabla 5</b> Número de especies vegetales por familia botánica en la zona de estudio.....	60

## Índice de figuras

<b>Contenido</b>	<b>página</b>
<b>Figura 1</b> Ubicación del lugar de estudio .....	28
<b>Figura 2</b> Puntos de muestra del estudio.....	31
<b>Figura 3</b> Reconocimiento de la zona de estudio .....	32
<b>Figura 4</b> Evaluación de la cobertura vegetal usando el método del metro cuadrado (1x1)..	33
<b>Figura 5</b> Toma de muestra de suelo para análisis de porcentaje de materia orgánica. ....	34
<b>Figura 6</b> Identificación de especies vegetales comparando con especies presentes en el herbario.....	35
<b>Figura 7</b> Correlación entre la altitud y la materia orgánica .....	36
<b>Figura 8</b> Contenido de materia orgánica según la altitud. ....	37
<b>Figura 9</b> Mapa de promedio de materia orgánica en cada zona de estudio .....	38
<b>Figura 10</b> Línea de regresión para el contenido de materia orgánica del suelo según altitud en microcuenca del río Pinche - Asunción.....	43
<b>Figura 11</b> Correlación entre la cobertura vegetal y la materia orgánica.....	44
<b>Figura 12</b> Correlación entre la cantidad de especies vegetales y la materia orgánica.....	46
<b>Figura 13</b> <i>Arcytophyllum ciliolatum</i> Standl. con 42.8 % de cobertura vegetal a una altitud de 3900 m.....	61
<b>Figura 14</b> <i>Lolium multiflorum</i> Lam. con 38 % de cobertura vegetal a una altitud de 2900 m.....	61
<b>Figura 15</b> Cobertura vegetal escasa a una altitud de 1900 m.....	62
<b>Figura 16</b> Evaluación de cantidad de especies vegetales a una altitud 3800 m.....	62
<b>Figura 17</b> Toma de muestra de suelo en una altitud de 1900 m .....	63
<b>Figura 18</b> Resultados de materia orgánica del suelo emitido por el laboratorio de la UNALM.....	64
<b>Figura 19</b> Constancia de identificación de especies vegetales.....	65



## RESUMEN

El estudio se desarrolló para analizar el efecto de la altitud, la cobertura vegetal y la cantidad de especies vegetales en el contenido de materia orgánica del suelo en la microcuenca del río Pinche, ubicada en Asunción, Cajamarca. Se seleccionaron 24 parcelas ubicando 1 parcela cada 100 metros de elevación, en cada parcela se realizó la lectura de vegetación en 3 puntos usando el método del metro cuadrado y tomando una muestra de suelo compuesta de los tres puntos. Las variables cuantitativas se compararon para establecer el grado de correlación lineal y ajustar una recta de regresión. Se destaca en los resultados, una alta y positiva conexión entre la altitud y la materia orgánica del suelo cuyo valor es 0.72, indicando que cuanto más se incrementa la altitud, también aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo. Encontrándose una correlación positiva pero muy baja entre la cobertura vegetal y la materia orgánica del suelo 0.15 y se detalló una positiva correlación, pero débil entre la cantidad de especies vegetales y la materia orgánica del suelo 0.27. Esto indica que la cobertura vegetal y la cantidad de especies vegetales tienen una baja contribución en la variación del contenido de materia orgánica en la microcuenca del río Pinche.

**Palabras clave:** *Materia orgánica, altitud, cobertura vegetal, correlación lineal.*

## ABSTRACT

This study examines the impact of altitude, vegetation cover, and plant species richness on soil organic matter content in the Pinche River watershed, located in Asunción, Cajamarca. Twenty-four plots were selected at 100-meter elevation intervals, where vegetation was assessed at three points using the square meter method, and composite soil samples were taken from these points. Quantitative variables were compared to determine linear correlation and fit a regression line. The results highlight a strong and positive relationship between altitude and soil organic matter content, with a correlation coefficient of 0.72, indicating that an increase in altitude corresponds to an increase in soil organic matter content. However, a positive yet very low correlation (0.15) was found between vegetation cover and soil organic matter content, while a positive but weak correlation (0.27) was observed between plant species abundance and soil organic matter content. These findings suggest that vegetation cover and plant species abundance have a limited contribution to the variation in soil organic matter content within the Pinche River micro-watershed.

**Keywords:** *Organic matter, altitude, vegetation cover, linear correlation*

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El suelo es la zona superior de la corteza terrestre dentro del cual se encuentra la materia orgánica (Fitz, 1984). En el suelo se origina a partir de la descomposición de organismos que fallecen sobre su superficie, así como de la actividad biológica de los organismos que se encuentran en el suelo (Alves et al., 2015) la cantidad varía en cada lugar y se encuentra en distintos grados de descomposición y a medida que esto avanza se convierte en una sustancia de color oscura que es el humus (Fitz, 1984). La importancia está vinculada con diversas propiedades físicas que caracterizan al suelo: densidad aparente (DA) ( $\text{g/cm}^3$ ), estructura, aireación, drenaje, retención de agua, consistencia y actividad biológica como una fuente de energía a los macro y microorganismos (Prieto et al., 2014).

La materia orgánica tiene como componente principal al carbono, variando su concentración desde el 48 a 58 % de su peso (Nelson y Sommers, 1982) y a su vez este es influenciado por la altitud, temperatura, precipitación y textura (Páliz, 2016).

Naturalmente, la cantidad de materia orgánica de un suelo está en función de la topografía, vegetación, material madre y tiempo, clima, así como al manejo y uso del suelo también tiene innumerables efectos, positivos o negativos, en el contenido de materia orgánica (Jackman, 1964). En suelos cultivados de forma convencional el nivel de materia orgánica llega a disminuir puesto que una parte de la producción se remueve, incrementando la erosión y acelerando la mineralización (INIA, 1999) por lo cual, el contenido de materia orgánica en los suelos, es insuficiente y son pocas las circunstancias en las que es superior al 2 % (Navarro et al., 1995).

La fertilidad de un suelo se encuentra principalmente determinada por su contenido de materia orgánica, junto con su textura y el material parental. Un suelo es más fértil cuando tiene un mayor contenido de materia orgánica, ya que son los microorganismos presentes en el

suelo los que liberan elementos nutritivos para las plantas a partir de esta materia orgánica (INIA 2015).

El contenido de materia orgánica ha sido objeto de estudio en numerosos suelos a nivel mundial, y su variación se atribuye a diversos factores, como la humedad relativa, precipitación, la altitud (relacionada con la reducción de la temperatura), el material parental, el contenido de arcilla, entre otros (Ochoa et al., 1981).

La altitud puede tener un impacto significativo en el contenido de materia orgánica y la calidad del suelo. Destacándose que, cuando más incrementa la altitud, las condiciones climáticas, como la temperatura y humedad, cambian, lo que puede afectar los procesos de descomposición y el cúmulo de materia orgánica en el suelo (Smith et al., 2017).

Por otro lado, la vegetación juega un rol imprescindible en la aportación de materia orgánica al suelo. Diferentes tipos de vegetación pueden tener distintas tasas de producción de biomasa y composición química, lo que se traduce en diferentes aportes de materia orgánica al suelo (Chen et al., 2018).

Proponiéndose analizar el efecto de la altitud y la vegetación en el contenido de materia orgánica en la microcuenca del río Pinche. Se realizará un análisis de los suelos en diferentes altitudes y se comparará el contenido de materia orgánica acorde al tipo de vegetación presente. Los resultados de esta investigación permitirán comprender mejor la dinámica de los suelos en esta zona y contribuirán a que se formulen estrategias para su conservación y uso sostenible.

### **1.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la altitud y vegetación en la variación del contenido de materia orgánica del suelo en la microcuenca del río Pinche – Asunción - Cajamarca.

#### **1.1.1. Objetivos específicos**

Determinar el efecto de la altitud en el contenido de materia orgánica del suelo en la microcuenca del río Pinche – Asunción - Cajamarca.

Evaluar el efecto de la vegetación (Cobertura vegetal y cantidad de especies) en el contenido de materia orgánica del suelo en la microcuenca del río Pinche – Asunción – Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

Huamán et al., (2021) realizó un estudio acerca de la influencia que ejerce la altitud y las características que presenta el suelo sobre la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico en pastos naturales altoandinos, ubicados en la cabecera de la microcuenca del río Chumbao, en el distrito de San Jerónimo ubicado en la provincia de Andahuaylas perteneciente al departamento de Apurímac. El objetivo fue determinar cómo la altitud afecta la capacidad para las especies *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*, así como analizar su vinculación con las propiedades del suelo. Se trataron a 73 muestras de suelo a una profundidad de 20 centímetros, abarcando altitudes desde 4000 hasta 4410 m. Para poder establecer el carbono orgánico del suelo, se utilizó la oxidación húmeda como metodología. Entre los resultados se revelaron que la acumulación de carbono orgánico del suelo entre las especies analizadas era similar no mostrándose diferencia significativa alguna, siendo el promedio general de  $364.33 \pm 48.80$  toneladas por ha. Las correlaciones entre la cantidad de carbono orgánico del suelo, la altitud y la materia orgánica fueron de 0.84 y 0.91, respectivamente. Observándose un incremento en el contenido de carbono orgánico del suelo a medida que se aumenta en altitud, sugiriendo que las temperaturas bajas contribuyen a la acumulación de carbono en concordancia con la disponibilidad de materia orgánica en el suelo.

Salguero y Brínez (2020) realizaron una investigación con el objetivo de examinar la dinámica de la materia orgánica en relación con la altitud en diez parcelas cafetaleras situadas en el S y N del departamento de Tolima en Colombia. La evaluación se centró en la respiración basal y ciertas propiedades químicas que presentan los suelos en análisis, con la finalidad de establecer cualquier efecto potencial de estas variables sobre la materia orgánica. Los niveles registrados oscilaron entre un mínimo del 2% y un máximo del 5%. Sin embargo, al analizar el comportamiento de estos niveles y someter los datos a un ANOVA, concluyendo que no hay

una significativa asociación entre los pisos altitudinales y variables de materia orgánica. En cambio, se postula que variables como la temperatura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), humedad y el pH desempeñan un papel influyente y muestran asociaciones significativas con los hallazgos del contenido de materia orgánica.

Sánchez et al., (2005) ejecutaron un estudio acerca de las variaciones en la composición y contenido de la materia orgánica en relación con la altitud, y cómo esto afecta la actividad y biomasa microbiana en los suelos de la cuenca del río Maracay en Venezuela. Se seleccionaron tres zonas específicas a diferentes altitudes, cada zona tenía una parcela dividida en tres subparcelas, y se recolectaron muestras en 10 puntos diferentes, a una profundidad de hasta los 10 cm. Evaluándose varios parámetros, incluyendo el carbono en la biomasa microbiana ( $C_{mic}$ ; mediante el método de respiración que se induce por sustrato), el carbono orgánico total (COT), la respiración basal, el cociente metabólico y el C en las sustancias húmicas (obtenido con álcali). Se encontró que el COT se encontró entre 0,88% y 2,52%, mientras que la fracción del C que puede ser extraída mediante el uso de álcali osciló entre el 20% al 43% del COT, principalmente vinculada a los ácidos húmicos. Las puntuaciones de la respiración basal (RB) oscilaron entre 0,57 y 4,11  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , y el  $C_{mic}$  mostró puntuaciones que van desde 576 a 1.395  $\mu\text{g C}_{mic} \text{ g}^{-1}$ . Se observaron valores superiores de  $C_{mic}$ , RB y carbono orgánico, en la zona de mayor altitud, mientras que los más bajos valores se situaron en la zona intermedia ( $P < 0,05$ ). Los resultados sugieren que la altitud influye significativamente en la composición y contenido de la materia orgánica, así como en la actividad microbiológica, factores que están vinculados a diferencia referente a humedad, temperatura, vegetación, particularidades específicas de los suelos y precipitaciones en estas áreas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El suelo**

Es un cuerpo natural que se desarrolla en la superficie de la Tierra a partir de la interacción entre el clima, la roca madre, los organismos vivos, los factores topográficos y el tiempo, y que proporciona medios de vida esenciales para las plantas (FAO, 2015).

Los suelos son el gran sumidero de carbono (C) de la Tierra y almacenan ~1500 petagramos ( $1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$ ) de C hasta 1 m de profundidad, dos veces más que la atmósfera (750–950 Pg C) y tres veces más que la atmósfera (750–950 Pg C). veces mayor que la vegetación total (600 Pg C) (Vicente-Vicente et al., 2016).

Según Rowell (2014), el suelo se define como "una entidad natural dinámica que está formada por minerales, materia orgánica, agua y aire, que se desarrolla en la superficie de la tierra y se modifica con el tiempo a través de la influencia de componentes climáticos y biológicos, actuando sobre materiales provenientes de la desintegración de la roca madre, bajo la influencia de la topografía".

El suelo constituye uno de los elementos primordiales en los agroecosistemas, sirviendo como fundamento para la producción de alimentos. Es crucial aplicar prácticas apropiadas, gestión efectiva y conservación adecuada de este recurso (Navarro, 2010).

También se dice que el suelo viene a ser el mayor sumidero de carbono en la naturaleza, evitando que el CO<sub>2</sub> se libere a la atmósfera, por intermedio de las plantas y el involucramiento de los organismos del suelo, el carbono es transformado en materia orgánica y se vuelve en cúmulos en el suelo a través de tiempo (Burbano, 2016).

### **2.2.2. Alteración del suelo**

La alteración del suelo es el cúmulo de cambios que afectan negativamente las propiedades y funciones del suelo debido a actividades humanas o eventos naturales, como la contaminación, la deforestación, la erosión o el cambio climático (Baveye et al., 2018).



La erosión del suelo consiste en el proceso en que se desprende y transporta partículas de suelo por agentes externos como el viento, agua o la acción humana. Causado por la falta de cobertura vegetal (CV), la pendiente pronunciada del terreno, las prácticas agrícolas no adecuadas, sobrepastoreo entre otros factores. La erosión del suelo puede tener efectos perjudiciales, como la pérdida de sus nutrientes del suelo, la degradación de la estructura del suelo y la disminución de la producción agrícola (Montgomery, 2007).

La degradación del suelo también es consecuencia, en la mayor parte, al mal manejo en condiciones de ladera, permitiendo la reducción en la productividad de los cultivos (Castelán et al., 2017).

### **2.2.3. *Materia orgánica***

Bot y Benites (2005) lo definen como un material producto de la descomposición de los organismos vivos (animales o plantas) que retornan al suelo.

La materia orgánica es una combinación de restos de plantas y animales, así como los productos resultantes de su procesamiento. Este conjunto integra sustancias húmicas de síntesis y una gran cantidad de organismos vivos, como microorganismos, microfauna y mesofauna. Estos últimos, junto con las enzimas presentes, desempeñan un papel crucial en la ejecución de procesos biológicos y bioquímicos en el suelo. En conjunto, esta compleja mezcla de materiales orgánicos y organismos vivos contribuye a la vitalidad y funcionalidad del suelo en términos de ciclos biogeoquímicos y actividades biológicas (Porta et al., 2010).

La materia orgánica está integrada por residuos en descomposición y otros que están frescos, su contenido puede variar por la actividad agrícola (García y Gómez, 2012).

“El contenido de materia orgánica en los suelos exhibe una amplia variabilidad, oscilando desde cantidades insignificantes en suelos que son desiertos hasta alcanzar porcentajes de 90 a 95% en suelos que presentan turba” (Mosquera, 2017).

La materia orgánica del suelo, aunque no sea el componente con mayor presencia en los suelos, es muy imprescindible en todos por su notable actividad biológica y físico-química,

que ejerce control sobre diversos aspectos. Desde un punto de vista físico, se compone principalmente de dos fracciones básicas. La fracción liviana, que no está fuertemente vinculada con los minerales del suelo y se caracteriza por ser una materia orgánica con poco proceso de transformación. Su conexión carbono/nitrógeno (C/N) tiene valores que van de 12 a 39, y representa hasta el 30% de la materia orgánica del suelo. Por otro lado, está la fracción pesada, la cual se presenta en los complejos minerales- órgano del suelo y ha experimentado una transformación significativa. Esta fracción tiene una relación C/N menor y constituye entre el 30 y el 50% de la materia orgánica del suelo. A pesar de no ser el componente más abundante, desempeña un papel crucial debido a su influencia en la actividad física, química y biológica que regula en el suelo (Zagal et al., 2002).

La materia orgánica del suelo se refiere a la fracción del suelo compuesta por tejido animal o vegetal en etapas diferentes de descomposición. En la mayor parte de los suelos productivos agrícolas, se encuentra en un rango de 3 a 6%. La presencia en el suelo aporta de manera significativa a la productividad del suelo a través de diversas vías (Kumar et al., 2020). Está formada por diferentes componentes que se pueden agrupar en tres grandes tipos:

Residuos vegetales y biomasa microbiana viva.

Materia orgánica activa del suelo o detritos.

Materia orgánica estable del suelo, a menudo denominada humus.

La presencia y calidad de la materia orgánica en el suelo tienen profundas implicancias que se extienden a varios aspectos clave. En primer lugar, contribuye significativamente a que el suelo sea fértil al actuar como un cúmulo de nutrientes esenciales para las plantas. Su descomposición gradual libera compuestos orgánicos que enriquecen el suelo, mejorando así su capacidad para sustentar el crecimiento vegetal.

Además, influye de manera crucial en la estructura del suelo. El formar los agregados, facilitada por la fracción liviana, mejora la capacidad para que se retenga el agua y la aireación

del suelo, lo que resulta fundamental para un crecimiento saludable de las raíces y la prevención de la compactación del suelo.

Desde una perspectiva biológica, es un hábitat vital para una diversidad de organismos, desde microorganismos hasta fauna más grande. Esta riqueza biológica contribuye a procesos como la descomposición de materia orgánica, la fijación de N y la supresión de enfermedades del suelo. La presencia de materia orgánica activa fomenta la actividad microbiana beneficiosa que puede inhibir el crecimiento de patógenos, promoviendo así la resistencia de las plantas.

La materia orgánica también juega un rol imprescindible en la regulación del ciclo del C. La fracción pesada, o humus, actúa como un sumidero de C estable, contribuyendo en la mitigación de los cambios del clima a que se reduzcan las emisiones de C a la atmósfera. Este aspecto resalta la importancia en la sostenibilidad ambiental y la mitigación de impactos climáticos.

En términos de sostenibilidad agrícola, permite prácticas agrícolas más equilibradas al reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Además, al mejorar la retención de nutrientes y la salud del suelo, contribuye a la prevención de la erosión y al mantenimiento a largo plazo de la productividad agrícola.

En resumen, no solo es un componente orgánico en el suelo, sino que su presencia y calidad tienen implicancias directas en la fertilidad, estructura, actividad biológica y sostenibilidad del suelo, con repercusiones significativas en la productividad agrícola y la salud ambiental. Su gestión adecuada es esencial para potenciar estos beneficios y mantener la integridad de los ecosistemas terrestres.

#### **2.2.4. Composición de la materia orgánica**

##### **A. Materia orgánica fresca**

Integrada por restos de naturaleza animal o vegetal en diferenciadas etapas de descomposición que se presentan en la superficial capa del suelo como ácidos nucleicos, carbohidratos, proteínas y lípidos. Estos residuos orgánicos proporcionan nutrientes y energía a

los organismos del suelo, incidiendo en su estructura, siendo fundamentales para el mantenimiento de su fertilidad (Smith, 2018).

Desde la perspectiva química, los componentes de la materia orgánica fresca son compuestos orgánicos y sales minerales (Jordán, 2005).

### **B. Materia orgánica transformada**

Son las sustancias no húmicas (sustancias nitrogenadas, compuestos hidrocarbonados) y sustancias húmicas las mismas que son el humus y las huminas (Jordán, 2005).

Acorde con Kumada (1987), la humificación viene a ser un grupo de procesos que permiten la transformación de la materia orgánica en compuestos con una alta capacidad para absorber la luz visible y elevados contenidos que presentan los grupos orgánicos carboxilo y carbonilo.

Para los restos orgánicos, cuando ocurre la reacción de descomposición, se genera una oxidación rápida y exotérmica de estos, con la consiguiente difusión de componentes nutritivos para las plantas, especialmente  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , además de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (Jaramillo et al., 1994).

Cerca de la mitad de la MOS está constituida por las llamadas Sustancias Húmicas, las cuales no se comparan de forma estructural a los integrantes de la biomasa. Estas sustancias se constituyen en el mismo suelo partiendo de productos derivados de la biodegradación o alteración de los residuos de tipo orgánico (Schnitzer y Khan, 1972).

Es así que, las sustancias húmicas se consideran como el componente imprescindible de la MOS, cuyo porcentaje representa aproximadamente el 50% (Simpson et al., 2007).

#### **2.2.5. Importancia de la materia orgánica**

La importancia en el suelo se encuentra en su impacto significativo en el aporte de sustrato, estructura del suelo, y el suministro de nutrientes para los microorganismos. En este sentido, influye de manera significativa en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, como señala Betancourt (1999).

Incluye la gran cantidad de C en la superficie terrestre, con un rango de 2,157 a 2,293 picogramo (Pg), considerándose 1 Pg como un valor de  $10^{15}$  g, lo cual es dos veces la cantidad que existe en la atmósfera (760 Pg) y de hasta 3 veces más que toda la biomasa de organismos vivos combinados (Prentice et al., 2001; Batjes, 1996). Esta abundancia de carbono en la materia orgánica del suelo juega un rol crucial en los ciclos biogeoquímicos y en el soporte vital para la diversidad biológica del suelo.

La materia orgánica comprende un continuo de materiales orgánicos desde desechos orgánicos granulares hasta pequeñas moléculas orgánicas y contiene más carbono orgánico que la atmósfera y vegetación global combinadas. Tiene efectos notables sobre las funciones ecológicas del suelo y el ciclo global del C, así como sobre el destino de los contaminantes en el ecosistema terrestre. Por lo tanto, la caracterización de la materia orgánica es un tema importante en las ciencias del suelo, la ecología y las ciencias ambientales. La complejidad química y la heterogeneidad espacial son, con diferencia, los dos mayores desafíos para nuestra comprensión de la materia orgánica. Los desarrollos recientes en técnicas y métodos analíticos brindan la oportunidad de revelar la composición a nivel molecular y observar su distribución en suelos a micro y nanoescala, lo que ha mejorado enormemente nuestra comprensión de la materia orgánica del suelo (Lv et al., 2022).

La materia orgánica es la porción del suelo formada por materiales vegetales y animales descompuestos, así como por organismos microbianos. Está compuesto mayormente de O<sub>2</sub>, H y C, así como pequeñas cantidades de otros elementos como P, S, K, N, Mg y Ca. Dado que el carbono es el componente prevalente (58%) de la materia orgánica del suelo, el COS se mide comúnmente como un indicador de la materia orgánica del suelo (Essling, 2020).

La productividad como la calidad del suelo está intrínsecamente vinculadas a la presencia de materia orgánica. Aspectos como la susceptibilidad a la erosión, la resistencia de las plantas a enfermedades o cualquier plaga, la fertilidad, la compactación y la disponibilidad

de agua son fuertemente influenciados por la calidad como cantidad de la materia orgánica presente en el suelo (Docampo, 2014).

La materia orgánica es una imprescindible fuente de nutrientes (N, P, S). Por medio del proceso de mineralización, efectuados fundamentalmente por la biomasa microbiana, son transformados de formas orgánicas a formas inorgánicas ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) utilizables por las plantas (INIA, 1999).

La gran cantidad de refleja la buena salud y calidad del suelo siendo imprescindible para una producción de alimentos sostenible a plazo largo con un impacto ambiental mínimo (Arias et al., 2005).

Actualmente un problema grave ambiental es que se incremente la cantidad de  $\text{CO}_2$  en la atmosfera, este gas de efecto invernadero es producto de la deforestación y combustión de recursos fósiles (Sales, 2006) por ende la materia orgánica cumple un rol imprescindible al participar en la captura y secuestro de una parte importante del carbono producto de esta acción (Wolff y Ovalle, 2016).

#### **2.2.6. La materia orgánica y las propiedades físicas del suelo**

Este tipo de propiedades que presentan los suelos son aquellas particularidades, reacciones o procesos de un suelo que se generan por fuerzas físicas y se describen o expresan en términos o ecuaciones físicas. Ejemplos de estas, son la textura, DA, capacidad de que se retenga de agua y estructura o porosidad del suelo. Tales propiedades influyen principalmente en las relaciones aire-agua en el suelo, las cuales, a su vez, afectan el crecimiento correcto de las plantas. La adición de materia orgánica al suelo optimiza estas propiedades físicas. Con la mejora de tales propiedades, hay una mejora en la calidad del suelo, lo cual traerá mejoras en la productividad de los cultivos (Stevenson, 1982; Bauer y Black, 1994).

### **2.2.7. La materia orgánica y las propiedades químicas del suelo**

La materia orgánica trae muchas variaciones significativas en dichas propiedades, como la reducción de la toxicidad del Al y la disminución de la alelopatía en las plantas de cultivo. Asimismo, se logra mejorar la disponibilidad tanto de macro como de micro nutrientes para las vegetaciones de cultivo. También controla las fluctuaciones de la capacidad amortiguadora del pH (Gurmu, 2019).

### **2.2.8. La materia orgánica y las propiedades biológicas del suelo**

La materia orgánica del suelo, especialmente la fracción de detritos, proporciona la gran parte del alimento para los organismos heterótrofos presentes en el suelo. El tipo y diversidad de residuos orgánicos agregados al suelo pueden influir en el tipo y diversidad de organismos que conforman la comunidad del suelo (Weil y Brady, 2017). Por lo tanto, el contenido de influye de forma significativa en dichas propiedades que presenta cada suelo, como las bacterias mineralizadoras de N, las bacterias fijadoras de N, los hongos micorrízicos y la biomasa microbiana total (Gurmu, 2019).

Los géneros autótrofos de bacterias responsables de la nitrificación más importantes son Nitrosomonas y Nitrobacter. La disponibilidad de una cantidad adecuada de La materia orgánica en el suelo reduce la acidez del suelo y mejora las actividades de estas bacterias N-mineralizadoras. También influye en la mineralización de N a través de una gran capacidad para retener agua. Porque las bacterias nitrificantes son generalmente más sensibles al déficit hídrico que los hongos (Gurmu, 2019).

La biomasa microbiana media diferentes funciones relevantes en los suelos que incluyen la mineralización de nutrientes, el ciclo de nutrientes y la descomposición y formación de La materia orgánica, y se ven altamente favorecidas por la presencia de La materia orgánica adecuada, ya que sustenta su vida (Acosta-Martínez et al., 2004). La transformación y el almacenamiento de nutrientes del suelo están regulados por la biomasa microbiana presente, y el flujo de nutrientes por medio de la fracción microbiana del suelo puede ser sustancial. El C y

el N de la biomasa microbiana comprenden sólo del 1 al 3% del C total del suelo y hasta el 5% del N total del suelo, respectivamente, pero son la fracción biológicamente más activa de la MOS (Acosta-Martínez et al., 2004). Varios estudios destacaron el papel de la biomasa microbiana en la descomposición de sustancias como carbohidratos y lípidos provenientes de las plantas y la actividad microbiana en la mejora de la calidad del suelo (Tisdall, 1994).

Las sustancias húmicas extraídas del estiércol aumentan la eficacia de los organismos fijadores de N como *Rhizobium* y *Azotobacter*. La materia orgánica se presenta como fuente de energía que caracteriza a organismos macro como microfaunísticos (Fageria y Gheyi, 1999). Una gran cantidad de bacterias, actinomicetos y hongos presentes en el suelo están vinculados de forma general con la cantidad de humus. Las lombrices de tierra y otros organismos faunísticos se ven fuertemente afectados por el total de residuos vegetales que regresan al suelo (Stevenson, 1982). La cantidad de materia orgánica presente en los suelos también influye en los microorganismos patógenos. Un suministro adecuado permite que se logre el crecimiento de organismos saprofitos en vinculación con los parásitos llegando a minorizar la población de estos. Los compuestos activos biológicamente en los suelos, como ciertos ácidos fenólicos y antibióticos, lograrán una mejora en la capacidad de ciertas vegetaciones para que resistan el ataque de patógenos (Stevenson, 1982).

### **2.2.9. Materia orgánica y la estructura, textura y estabilidad de los agregados**

La estabilidad estructural del suelo se refiere a la resistencia del suelo al reordenamiento estructural de los poros y partículas cuando se expone a diferentes tensiones. Asimismo, se detalló en un estudio sobre la estabilidad de los agregados en 26 suelos de áreas agrícolas y se encontró una correlación lineal entre dicha estabilidad y la materia orgánica. Mejora la estructura del suelo, admitiendo el libre paso del aire y del agua, ambos igualmente suficientes para el crecimiento de las plantas, es como una esponja que retiene agua y nutrientes. Como parte de la literatura, se reafirma que, la parte fresca o activa de la materia orgánica era en gran medida responsable de la estabilización de los agregados. El adicionar al



suelo generalmente llega a incrementar la capacidad del suelo para que se retenga agua. Esto se debe a que la adición incrementa la cantidad de microsporas y macrosporas en el suelo, por medio del pegado de partículas del suelo o la creación de condiciones de vida que sean adecuadas para los organismos que moran en el suelo (Kumar et al., 2020).

#### **2.2.10. La materia orgánica sobre el color y temperatura al suelo**

El color se analiza a menudo como el nivel categórico más alto en muchos sistemas de clasificación de suelos. Existe una buena correlación lineal entre el color del suelo y la cantidad de materia orgánica. Los suelos de color oscuro con una mayor cantidad de materia orgánica contienen cantidades comparativamente mayores de agua, por lo que requieren una mayor cantidad de energía para calentarse. La propiedad térmica del suelo se encuentra influenciada en gran parte por una combinación del contenido de agua, textura y el color del suelo. Generalmente, las buenas condiciones del suelo están asociadas con colores marrón oscuro cerca de la superficie del suelo, lo que se asocia con niveles relativamente altos de materia orgánica, buena agregación del suelo y altos niveles de nutrición. El efecto la cantidad de materia orgánica específicamente de color negro o marrón oscuro sobre el color del suelo es relevante no sólo para fines de clasificación del suelo, sino también para garantizar buenas propiedades térmicas, que a su vez contribuyen al calentamiento del suelo y promueven procesos biológicos, además, se ha demostrado que, existe una vinculación consistente entre el contenido de materia orgánica y el color del suelo. Por lo tanto, la influye en las propiedades térmicas de los suelos puede verse afectada no sólo por su color sino también por otras propiedades orgánicas del suelo. Además, aumenta la capacidad para retener agua del suelo. También contribuye al color oscuro del suelo. Estas dos propiedades del suelo aumentan su absorción de calor, aumentando así la temperatura del suelo (Kumar et al., 2020).

#### **2.2.11. La materia orgánica y la densidad aparente del suelo**

Cualquier aplicación que mejore la estructura del suelo disminuye la DA. Un sistema que utiliza cultivos de cobertura, residuos de cultivos y labranza reducida da como resultado un

aumento de la materia orgánica del suelo, menos perturbaciones y una menor DA. La DA depende de la materia orgánica del suelo, la textura del suelo, la densidad de los minerales del suelo (arcilla, arena y limo) y su disposición de empaquetamiento. La DA disminuyó 0,07 gramos por centímetro cúbico con un aumento de un porcentaje de unidad en la materia orgánica (Kumar et al., 2020).

### **2.2.12. La Materia orgánica y porosidad del suelo**

La porosidad se considera como el volumen de suelo que no se encuentra ocupado por sólidos y que puede llenarse con aire o agua. La porosidad del suelo está fuertemente ligada a la concentración de materia orgánica del suelo. El aumento de materia orgánica contribuye de forma indirecta a la porosidad del suelo (por medio de la actividad activa de los organismos presentes). Aumento de los niveles de materia orgánica y fauna del suelo asociada; Esto conduce a un mayor espacio poroso con el resultado inmediato de que el agua se infiltra más fácilmente y puede retenerse en el suelo. El humus es de gran relevancia para el suelo, mejora la aireación del suelo. El componente orgánico que se presenta en el suelo, integra hojas descompuestas y otro material vegetal por parte de los microorganismos del suelo. Mejora la aireación del suelo, al ser fibroso y poroso. Esto mejora el entorno del suelo para muchos microbios y raíces de plantas, que requieren aireación (Kumar et al., 2020).

### **2.2.13. La materia orgánica y la compactación del suelo**

Esta compactación es el proceso de aumentar la densidad del suelo al juntar las partículas del suelo generándose una minimización en el volumen de aire. La compactación del suelo puede ser una forma grave de degradación del suelo. La compactación del suelo es la compresión de las partículas del suelo en un volumen más pequeño, lo que reduce el tamaño del espacio poroso disponible para el aire y el agua. El aumento de la materia orgánica del suelo puede reducir la compatibilidad al momento de que se incrementa la resistencia a la deformación y al aumentar la elasticidad (efectos de rebote). Los altos contenidos de carbono

orgánico pueden incluso reducir la compactibilidad del suelo a altos niveles de humedad en suelos arcillosos y arcillosos limosos (Kumar et al., 2020).

#### ***2.2.14. La materia orgánica y la retención de agua en el suelo***

La adición de materia orgánica al suelo generalmente aumenta la capacidad del suelo para retener agua. (Hudson, 1994) demostró que, por cada aumento del 1 por ciento en la materia orgánica del suelo, la capacidad para que se retenga agua disponible en el suelo aumentaba en un 3,7 por ciento. Cuando un suelo está en capacidad de campo, tiene una gran capacidad para que se retenga agua que un volumen menor de suelo mineral. Si bien el agua retenida por la materia orgánica en el punto de marchitez permanente también es mayor en general, un aumento de la materia orgánica aumenta la capacidad del suelo para almacenar agua disponible para uso de las plantas (Kumar et al., 2020).

#### ***2.2.15. Factores que afectan el contenido de materia orgánica***

La materia orgánica del suelo generalmente aumenta donde la producción de biomasa es mayor y donde se producen adiciones de material orgánico. Los residuos vegetales con una vinculación C/N baja (alto contenido de nitrógeno) se descomponen más rápidamente que aquellos con una relación C/N alta y no aumentan los niveles de materia orgánica del suelo tan rápidamente. La labranza excesiva destruye los agregados del suelo aumentando la tasa de descomposición de la MO del suelo. Los agregados estables del suelo aumentan la materia orgánica activa y protegen la materia orgánica estable de la rápida descomposición microbiana. Las medidas que aumentan la temperatura, humedad del suelo, y la aireación óptima aceleran la descomposición de la materia orgánica del suelo (USDA-NRCS, 2012).

Las medidas de manejo utilizadas en el campo que está evaluando pueden degradar o aumentar la el material orgánico. A continuación, se muestran algunas medidas de gestión clave que pueden aumentar la materia orgánica del suelo.

- Uso de sistemas de cultivo que incorporen labranza cero continua, cultivos de cobertura, estiércol sólido u otros materiales orgánicos, rotaciones diversas con cultivos con alto contenido de residuos y leguminosas o pastos perennes utilizados en rotación.
- Reducir o eliminar la labranza que provoca una oleada de acción microbiana que acelera la descomposición de la materia orgánica y aumenta la erosión.
- Reducir la erosión utilizando medidas adecuadas. La mayor parte de la materia orgánica se establece en la superior capa del suelo.
- Pruebe el suelo y fertilice adecuadamente. Una fertilización adecuada estimula el crecimiento de las plantas, lo que permite que crezcan las raíces y la parte superior. Un mayor crecimiento de las raíces puede ayudar a desarrollar o mantener la materia orgánica del suelo, incluso si se elimina gran parte del crecimiento superior.
- El uso de forrajes perennes proporciona la muerte anual y el recrecimiento de los pastos perennes y sus extensos sistemas de raíces y, como consecuencia, contribuye con materia orgánica al suelo. Los sistemas de raíces fibrosas de pastos perennes son particularmente efectivos como agente aglutinante en la agregación del suelo.

En condiciones promedio en regiones templadas, aproximadamente el 1,5 por ciento de la MOS se mineraliza anualmente para la mayoría de los cultivos (2 % cultivos en hileras plantados en primavera, 1 % granos pequeños y 0,5 % pasto perenne; Ray Ward, 2012) mientras se mantienen los niveles actuales de materia orgánica en suelos con 2 al 5% de MOS (USDA-NRCS, 2012). Dependiendo de las condiciones del sitio, el manejo y el clima, las tasas de mineralización y la pérdida de materia orgánica del suelo pueden aumentar dramáticamente si la temperatura, aireación y humedad son favorables. Las funciones clave del suelo que proporciona la materia orgánica incluyen:

- Suministro de Nutrientes. Tras la descomposición, los nutrientes se liberan en una forma aprovechable para las plantas. Manteniendo los niveles actuales. Cada

porcentaje de materia orgánica en las 6 pulgadas superiores (15,2 cm) de un suelo de textura media (suelos limosos y francos con una DA de 1,2) libera alrededor de 10 a 20 libras de nitrógeno, de 1 a 2 libras de fósforo y de 0,4 a 0,8 libras de azufre por acre por año.

- Capacidad para retener agua. La materia orgánica presenta un comportamiento similar a una esponja. Es decir, puede ser capaz de retener y absorber hasta un 90% de su peso en agua. Otro gran beneficio es que libera casi toda el agua que contiene para que la utilicen las plantas. Por el contrario, la arcilla retiene grandes cantidades de agua, pero gran parte de ella no está disponible para las plantas.
- Agregación del suelo. La presencia de materia orgánica en el suelo favorece la mejora de la agregación del mismo, lo que, a su vez, beneficia la estructura del suelo. Esta mejora en la estructura tiene un impacto positivo en la infiltración de agua a través del mismo, mejorando así la capacidad del suelo para que retenga y absorba agua.
- Prevención de la erosión. Debido al aumento de los agregados estables del suelo y la infiltración de agua, la erosión se reduce con el aumento de materia orgánica.

#### **A. Altitud**

La acumulación de materia orgánica obedece a dos factores como la posición fisiográfica que ocupa el suelo como zonas de depresión, incluso si la pendiente es mínima, el suelo experimenta escaso arrastre de sedimentos y, en cambio, funciona como un lugar de depósito para los materiales orgánicos (Mosquera, 2017).

En suelos situados en elevaciones significativas y con pendientes pronunciadas, se observa una pérdida progresiva de sedimentos, de carácter orgánico o inorgánico, especialmente de las capas superficiales. Estos sedimentos se depositan de manera progresiva en áreas de menor pendiente, lo que conlleva a un aumento gradual en el contenido de materia orgánica en esas zonas (Encina, 1999).

## **B. Vegetación**

Se constituye como la principal fuente de materia orgánica puesto que cumple un imprescindible rol en la formación del suelo considerando su capacidad de meteorización de la roca por parte de los líquenes y raíces. Además, por el aporte de materia orgánica cuando la vegetación muere (Jordán, 2005).

En los bosques, se establece en los troncos, hojas y raíces de los árboles. En las praderas, proviene de las hierbas y raíces. Mientras que, en las tierras de cultivo, los que lo originan, son los residuos que deja la cosecha (Porta et al., 2003).

Según Jaramillo et al., (1994), todos los residuos que parten de la naturaleza animal o vegetal, que llegan al suelo, integran a la materia orgánica, pero principalmente los residuos vegetales aportan la mayor cantidad, estos sirven de alimento como de energía a los organismos del suelo, llegando a formar los coloides orgánicos.

La cantidad de materia orgánica y la velocidad de descomposición están influenciadas por una variedad de factores. A continuación, se detallan los factores clave que inciden directamente en cada uno de estos aspectos (Eshun, 2023):

Factores que afectan la cantidad de MO en el suelo:

Insumos vegetales: la cantidad y el tipo de material vegetal (hojas, raíces, etc.) que caen o se agregan al suelo impactan significativamente el contenido de materia orgánica. Las plantas contribuyen en su aumento en el suelo por medio de la renovación de las raíces o de la caída que sufre la hojarasca.

Residuos orgánicos: la adición de residuos orgánicos como residuos de cultivos, estiércol, compost y abonos verdes puede aumentar la cantidad en el suelo.

Clima: Los patrones de temperatura y precipitación influyen en el crecimiento de los vegetales como también en la actividad microbiana, afectando la tasa de acumulación de materia orgánica. En climas más cálidos y húmedos, tiende a descomponerse más rápido, lo que lleva a niveles generales más bajos.

Tipo de suelo: La textura y composición del suelo presenta un rol en la acumulación de materia orgánica. Los suelos arenosos generalmente tienen un menor contenido que los suelos ricos en arcilla porque estos últimos pueden unir y proteger de manera más efectiva.

Prácticas de gestión de la tierra: la agricultura intensiva, la deforestación y otras actividades humanas pueden provocar el agotamiento de la materia orgánica del suelo debido al incremento de la erosión, la oxidación y alteración de su estructura.

pH del suelo: la acidez afecta la acción de los microorganismos que son los encargados de que se descomponga la materia orgánica. Los niveles óptimos de pH respaldan la actividad microbiana y las tasas de descomposición.

Factores que afectan la tasa de descomposición (Eshun, 2023):

Temperatura: Las tasas de descomposición generalmente aumentan con el aumento de las temperaturas. Los ambientes más cálidos proporcionan condiciones más favorables para la actividad microbiana, lo que lleva a una descomposición más rápida.

Humedad: Los niveles adecuados de humedad son cruciales para la descomposición porque los microorganismos necesitan agua para descomponer la materia orgánica. Los suelos extremadamente secos o anegados pueden ralentizar la descomposición.

Disponibilidad de oxígeno: La descomposición puede presentarse tanto en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) o en aeróbicas (con oxígeno). La descomposición aeróbica suele ser más eficiente y produce menos subproductos como el metano.

Calidad de la materia orgánica: La composición química influye en su velocidad de descomposición. Los materiales con alto contenido de lignina y compuestos complejos se descomponen más lentamente, mientras que las sustancias fácilmente digeribles se descomponen más rápido.

Microorganismos: La abundancia y diversidad de microorganismos descomponedores en el suelo influyen en las tasas de descomposición. Las bacterias, los hongos y otros microorganismos descomponen la materia orgánica en sustancias más simples.

pH del suelo: Esto puede afectar los tipos de organismos descomponedores presentes, influyendo así en las tasas de descomposición.

Aireación del suelo: La estructura y aireación adecuadas del suelo facilitan la actividad microbiana y la descomposición. Los suelos compactados pueden inhibir el movimiento del aire y ralentizar la descomposición.

Calidad de la hojarasca: La calidad de la hojarasca (por ejemplo, hojas, ramitas) que ingresa al suelo, como la proporción de carbono a nitrógeno, afecta la tasa de descomposición. La basura con una proporción equilibrada de carbono y nitrógeno se descompone más eficientemente.

Comprender estos factores es crucial para gestionar la salud, la fertilidad y el secuestro de carbono del suelo. Se pueden utilizar prácticas como los cultivos de cobertura, rotación de los mismos y el compostaje para mejorar la cantidad de materia orgánica del suelo y promover la agricultura sostenible.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. *Carbono orgánico del suelo (COS)***

Se refiere al carbono (C) el cual se mantiene en el suelo luego de que se descompone de forma parcial cualquier material derivado de algún ser vivo (FAO, 2019).

Constituye el elemento imprescindible dentro de la materia orgánica del suelo, y esta última se estima a partir de aquel. Un método común para este cálculo es utilizar un factor de van Benmelen (empírico), que tiene un valor equivalente a 1,724 (Jackson, 1964). Es importante destacar que el factor de transformación del carbono orgánico del suelo a materia orgánica del suelo es relativo y puede cambiar, por ejemplo, oscilando entre 1,9 para los suelos que son superficiales y 2,5 en el caso de subsuelos (Broadbent, 1953).



De acuerdo con Lal (2004), el carbono orgánico es la cantidad de carbono presente en la materia orgánica del suelo, que incluye restos de plantas y animales, así como microorganismos. La medición de este componente es crucial para evaluar la calidad del suelo, ya que ejerce una influencia significativa en su fertilidad y en la capacidad para almacenar y liberar nutrientes.

### **2.3.2. Sustancias húmicas**

Se trata de una categoría de compuestos orgánicos complejos presentes en los sedimentos, agua y suelo, generados mediante la descomposición parcial de la materia orgánica. Estos compuestos se distinguen por su destacada capacidad para retener agua y nutrientes, así como por su habilidad para formar complejos con metales, con lo cual, se logrará mejorar la estructura del suelo (Senesi et al., 2007).

Se trata de un material coloidal de composición no definida, caracterizado por su coloración oscura y poseedor de una alta superficie específica junto con una elevada actividad química, medida mediante el índice de CIC. En cuanto a su funcionalidad de su solubilidad, es posible dividir el humus en 3 grupos de compuestos: huminas (Jaramillo, 2011); ácidos fúlvicos (AF) y húmicos (AH).

### **2.3.3. Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)**

Este término se refiere a un indicador que proporciona datos acerca de ciertas particularidades del suelo, tales como el grado de aireación, la porosidad y la capacidad de infiltración.

En términos generales, los valores de DA (g/cm<sup>3</sup>) varían para diferentes materiales. Se registra un promedio de 2.65 g/cm<sup>3</sup> para rocas y minerales. La proporción de arena presenta valoraciones entre 1.7 y 1.9 g/cm<sup>3</sup>, mientras que un suelo de textura franca tiene una densidad de aproximadamente 1 a 1.3 g/cm<sup>3</sup>. Asimismo, en el caso de suelos que presentan gran cantidad de humus, la densidad oscila en valores de 0.8 a 0.9 g/cm<sup>3</sup>. (Donoso, 1994)

Aumentar las proporciones de arcilla y materia orgánica tiene como resultado un aumento en el volumen de los pequeños poros, promoviéndose la agregación del suelo. Esto beneficia la estructuración general del suelo conduciendo a una reducción de DA (Sposito, 2008).

#### **2.3.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Esta medida se encuentra definida como el volumen de negativas cargas en las superficies de los componentes orgánicos y minerales del suelo, como sustancias húmicas y arcilla. Ello involucra el número de cationes en que estas superficies pueden ejercer retención, incluyendo  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , entre otros (FAO 2020).

Las inestabilidades eléctricas que presentan las partículas del suelo generan el intercambio iónico, manteniendo un balance dinámico con la solución del suelo para preservar la estabilidad en el mismo. Con el fin de que se neutralice las cargas, los iones se adsorberán y se unirán débilmente a la superficie de las partículas, permitiendo así su intercambio en la solución del suelo (Mosquera, 2017).

#### **2.3.5. pH**

Es una medida que establece el nivel de alcalinidad o acidez que presenta una sustancia o solución. Esta escala numérica va desde 0 (máxima acidez) hasta 14 (máxima alcalinidad), siendo 7 un valor neutro. Por tanto, un pH menor a 7 indicará acidez, por otro lado, valor superior a 7 indicaría alcalinidad (Nelson & Sommers, 1996).

Es aquel que determina la adsorción de iones ( $\text{H}^+$ ) de parte de partículas que presente el suelo, sirve como indicador para evaluar si un suelo será alcalino o no. Este factor es imprescindible en la diversidad de nutrientes disponibles en las plantas y tiene un impacto directo en la solubilidad, movilidad y accesibilidad de otros componentes, así como en la presencia de contaminantes no orgánicos (FAO, 2020).

### **2.3.6. Metro cuadrado**

El método del metro cuadrado es una técnica utilizada para evaluar la cobertura de la vegetación en un área determinada. Consiste en delimitar un área de un metro cuadrado en el terreno y registrar las especies de plantas que se encuentran dentro de ella, así como su cobertura (Braun, 1964).

### **2.3.7. Muestreo de suelo**

Consiste en elegir un área representativa y homogénea que refleje las características del suelo de interés dividiendo el área seleccionada en parcelas de igual tamaño y forma; procediendo a retirar la capa superior que contengan hojas, ramas y otros desechos y luego con una herramienta limpia y desinfectada extraer una muestra de suelo a una distancia profunda de 0-10 cm repitiendo este proceso en varias áreas dentro de la parcela para obtener una muestra compuesta (Olsen, 1954).

### **2.3.8. Diversidad Biológica**

La variedad de vida, incluyendo plantas, microorganismos y fauna, que puede influir en la calidad como en la cantidad de la materia orgánica del suelo (FAO, 2019).

### **2.3.9. Erosión**

La pérdida gradual de suelo debido a la lluvia, viento o la actividad humana, que puede afectar la retención de materia orgánica (FAO, 2019).

### **2.3.10. Dinámica del Suelo**

Los procesos en constante cambio que afectan la composición y características del suelo, incluyendo la formación, descomposición de materia orgánica y otros factores relacionados con la altitud y vegetación (FAO, 2019).

### **2.3.11. Topografía**

Las características físicas y la elevación del terreno en la microcuenca, que pueden influir en la acumulación y retención de materia orgánica (FAO, 2019).

### **2.3.12. Flora Nativa**

Las especies de plantas autóctonas de la región, cuya descomposición contribuye a la formación de materia orgánica (FAO, 2019).

### **2.3.13. Uso del Suelo**

Las actividades humanas que impactan en la cobertura del suelo, como la agricultura o la deforestación, y que pueden tener consecuencias en el contenido de materia orgánica (FAO, 2019).

### **2.3.14. Fuentes de Agua**

Los cuerpos de agua, como arroyos y manantiales, que pueden afectar la distribución de MOS a través de su influencia en el flujo de agua (FAO, 2019).

### **2.3.15. Biodiversidad**

La variedad de especies presentes en la microcuenca, lo cual puede tener un directo impacto en el proceso de descomposición y ciclos de nutrientes (FAO, 2019).

### **2.3.16. Precipitación**

La cantidad de lluvia que recibe la región, un factor climático que puede influir en la tasa de descomposición y la lixiviación de materia orgánica (FAO, 2019).

### **2.3.17. Región Andina**

La ubicación geográfica en la cordillera de los Andes, que puede contribuir a patrones climáticos y edáficos específicos en la microcuenca (FAO, 2019).

### **2.3.18. Fitodepuración**

El proceso mediante el cual las plantas contribuyen a la purificación del agua, afectando indirectamente la calidad del suelo (Gurmu, 2019).

### **2.3.19. Migración de Nutrientes**

El movimiento de nutrientes a través del suelo, influenciado por factores como la topografía y la actividad biológica, que puede afectar la distribución de materia orgánica (Gurmu, 2019).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

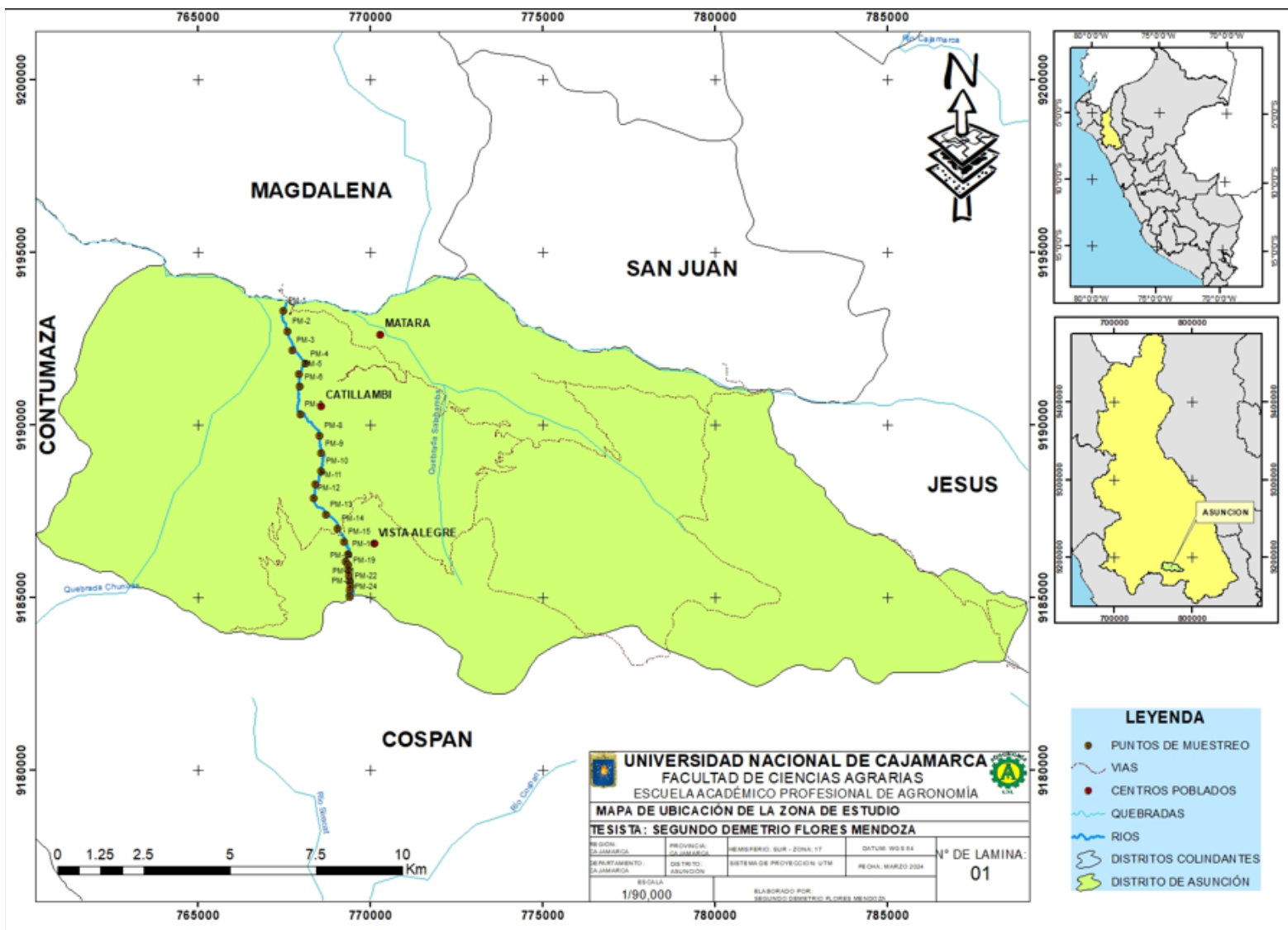
El distrito de Asunción se encuentra en la provincia y departamento de Cajamarca; limita en la parte N con los distritos de San Juan y Magdalena, por el S con el distrito de Cospán, por el O con la provincia de Contumazá y el E con el distrito de Jesús.

Geográficamente el lugar de estudio se sitúa en la vertiente del pacífico, en la zona 17 M 769363 m E, 9184988 m S, en su mayor altitud a 3931 m. Y en la zona 17 M 767558 m E, 9193485 m S, con una elevación de 1573 m., en su punto más bajo.

Presenta un clima con temperatura media de 15.6 °C, precipitación media anual de 700 mm y una humedad relativa media anual de 75 % (SENAMHI, 2023).

**Figura 1**

*Ubicación del lugar de estudio.*



### 3.2. Materiales

Se usó materiales como: mochila, formatos de campo, etiquetas, bolsas autosellables, bolsas chequeras, lápiz, borrador, plumón de tinta indeleble, libreta de apuntes, cartulina, periódico, palana, machete, tijera de podar, metro cuadrado, prensa botánica, nivel, wincha, balanza tipo reloj.

Los equipos usados en campo fueron: Sistema de Posición Global – GPS y Cámara fotográfica semi profesional

En gabinete se usó computadora equipada, impresora multifuncional y calculadora, cuaderno, hoja bond A4 x 80 g, fólder, lapiceros, perforador y engrapador.

Además , se usó los software Microsoft office 2019, Microsoft Windows 10, ArcGIS 10.5 y Google Earth.

### 3.3. Metodología

El tipo de investigación es correlacional, porque se ha medido la relación entre la altitud y la vegetación con el contenido de materia orgánica del suelo. La investigación permite que se determine si es que se presenta una relación entre estas variables y qué tipo de relación existe (positiva, negativa o nula), lo que se pretende encontrar es el grado

Para ello usaremos la fórmula matemática del valor de la correlación de Pearson (Mendenhall y Sincich, 2021) que se representa como "r" y se calcula de la siguiente manera:

$$r = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Donde:

"r" es el valor de correlación de Pearson.

"N" es la cantidad de observaciones en los datos.

"x" es la variable independiente.

"y" es la variable dependiente.

$\Sigma X$  y  $\Sigma Y$  representan la suma de todos los valores de X y Y, respectivamente.

$\Sigma XY$  representa la suma de las multiplicaciones realizadas de cada par de valores X e Y.

$\Sigma X^2$  representa la suma de cada cuadrado realizado en los valores de X.

$\Sigma Y^2$  representa la suma de cada cuadrado realizado en los valores de Y.

Utilizando esta fórmula matemática y con los datos que se recaben, podemos calcular el coeficiente de correlación.

### **3.3.1. Fase inicial de gabinete**

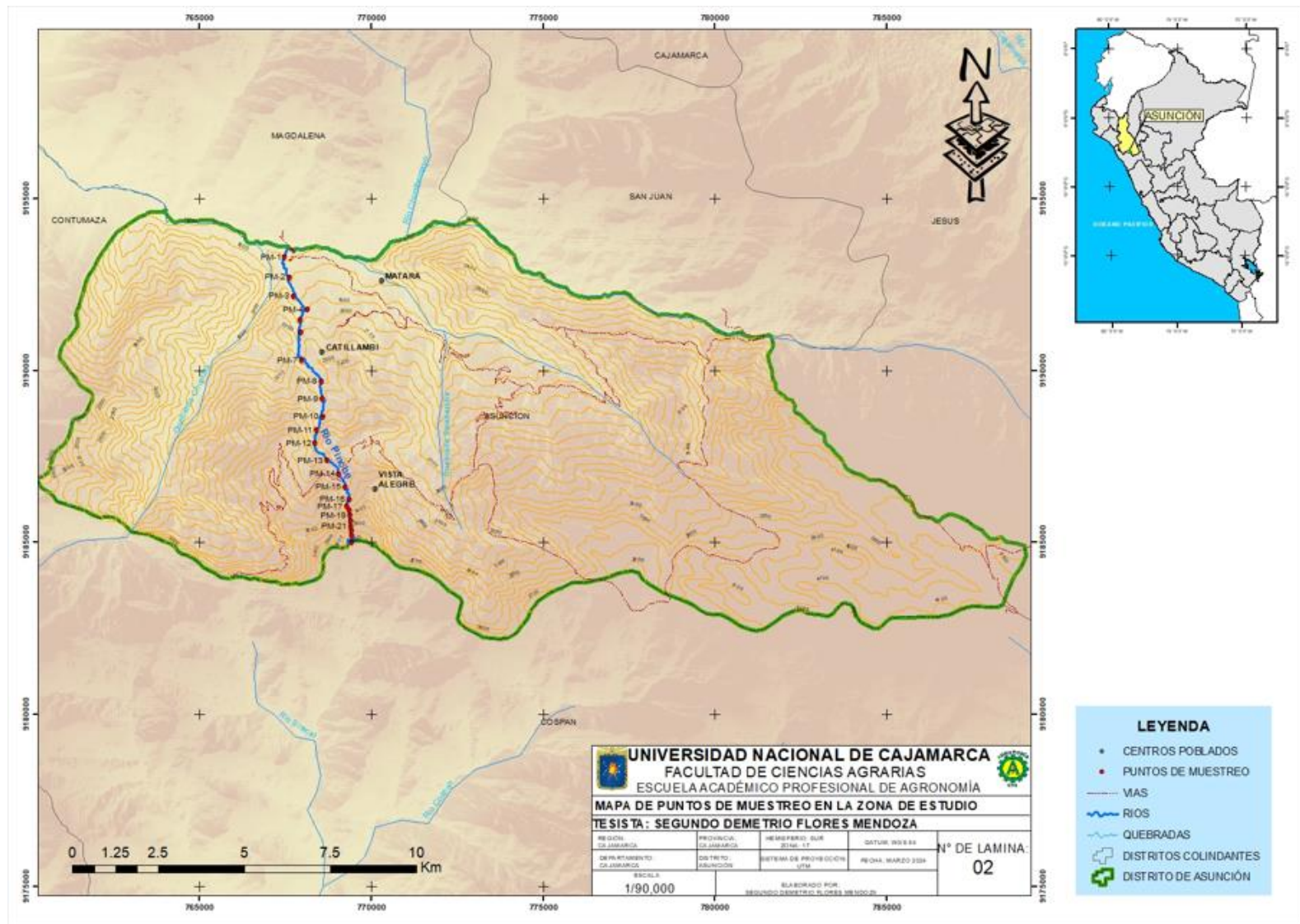
#### **A. Identificación de sitios de muestreo**

Se identificó los diferentes sitios de muestreo que abarcan el rango de altitud en la microcuenca del río Pinche - Asunción - Cajamarca. Utilizamos los programas Google Earth y ArcGIS 10.5 para definir el lugar y número de parcelas para evaluar la vegetación y toma de muestras de suelo para analizar el porcentaje de materia orgánica. Se tomó como referencia el río para tomar las muestras en ambos lados en una distancia de 10 a 20 metros desde el eje central, realizando 3 lecturas de vegetación y tomando una muestra de suelo compuesta (Suelo de tres lugares diferentes) cada 100 metros de elevación.



**Figura 2**

*Puntos de muestra del estudio.*



### **3.4. Trabajo de campo**

#### **A. Reconocimiento del área de trabajo**

Se visitó el caserío de Vista Alegre, para hablar con el Presidente de la Comunidad y de Rondas Campesinas para la autorización del ingreso al cerro Colluadar donde se realizó parte del trabajo, se dio a conocer los alcances y propósitos del trabajo de investigación. Se hizo el recorrido desde la cota mayor 3900 m ubicado cerca de la cima del cerro hasta la cota menor 1600 m ubicada en la desembocadura de las aguas del río Pinche al río Jequetepeque.

#### **Figura 3**

*Reconocimiento de la zona de estudio.*



## B. Evaluación de especies vegetales

Para la evaluación de la vegetación se usó el método del metro cuadrado (1 m x 1 m) el cual consiste en colocar el cuadrante en un lugar y registrar las especies de plantas que se encuentran dentro de ella, así como la proporción del área cubierta por cada especie.

### Figura 4

*Evaluación de la cobertura vegetal usando el método del metro cuadrado (1x1).*



## C. Colecta de especies vegetales

La colecta se realizó solamente de aquellas especies que tuvimos dificultad de identificación in situ, se colectó plantas enteras y tallos con flores de las especies arbustivas y arbóreas. Posteriormente las muestras que se tomaron se cubrieron con periódico y lo colocamos dentro de una prensa botánica con su respectiva tarjeta y luego se trasladó al herbario “CPUN Isidoro Sánchez Vega - UNC” para su identificación.

#### **D. Toma de muestras de suelo**

La muestra de suelo para análisis de materia orgánica se tomó dentro del metro cuadrado, después de realizado la evaluación de vegetación siguiendo estos pasos: retiramos la capa superior y luego con una herramienta limpia tomamos una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm

Se tomó de tres puntos diferentes submuestras y se hizo una mezcla homogénea y se conservó solamente 1 kg de muestra compuesta de suelo y luego se colocó en una bolsa con su respectiva tarjeta de identificación. Posteriormente todas las muestras se colocaron en un contenedor cerrado para evitar alteraciones de la muestra y se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para analizar el contenido de materia orgánica.

#### **Figura 5**

*Toma de muestra de suelo para análisis de porcentaje de materia orgánica.*



### **3.4.1. Trabajo de herbario**

#### **A. Identificación de las especies**

Fue ejecutada en el Herbario “CPUN Isidoro Sánchez Vega - UNC” con el especialista Ing. Juan Montoya, se empleó claves taxonómicas, comparando con especies existentes en el herbario y se revisó material bibliográfico especializado.

#### **Figura 6**

*Identificación de especies vegetales comparando con especies presentes en el herbario.*



### **3.4.2. Trabajo de gabinete**

En gabinete elaboramos un listado de las especies vegetales, ordenándolas según familia, género, especie, lugar de colección y hábito de crecimiento, elaboramos mapas en el programa ArcGIS 10.5 y construimos una ecuación de regresión que permite calcular el contenido de materia orgánica en cualquier altitud de la microcuenca.

## CAPÍTULO IV

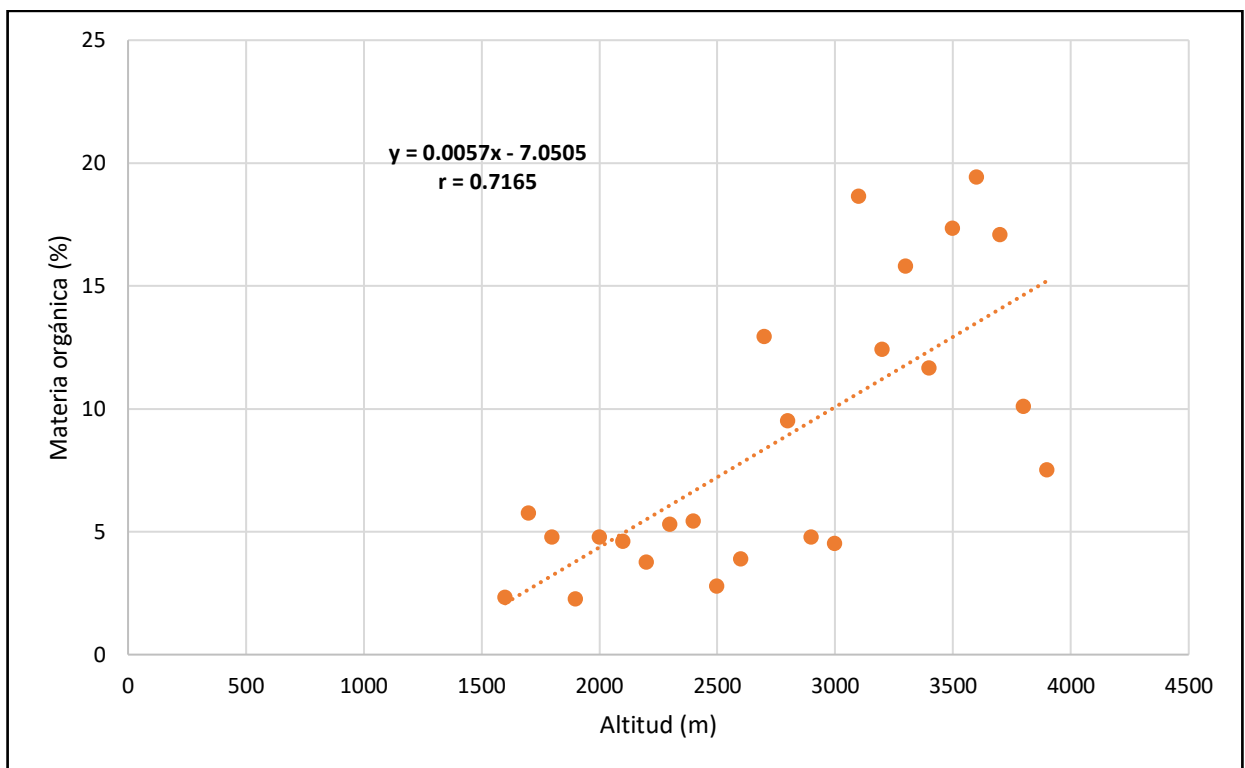
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Correlación entre la altitud y el contenido de materia orgánica

El resultado de correlación entre la altitud y materia orgánica del suelo se detallan en la (Figura 7). Como se evidencia, existe una alta y positiva correlación entre dichas variables, lo cual revela que la altitud contribuye de forma significativa al contenido de materia orgánica del suelo.

**Figura 7**

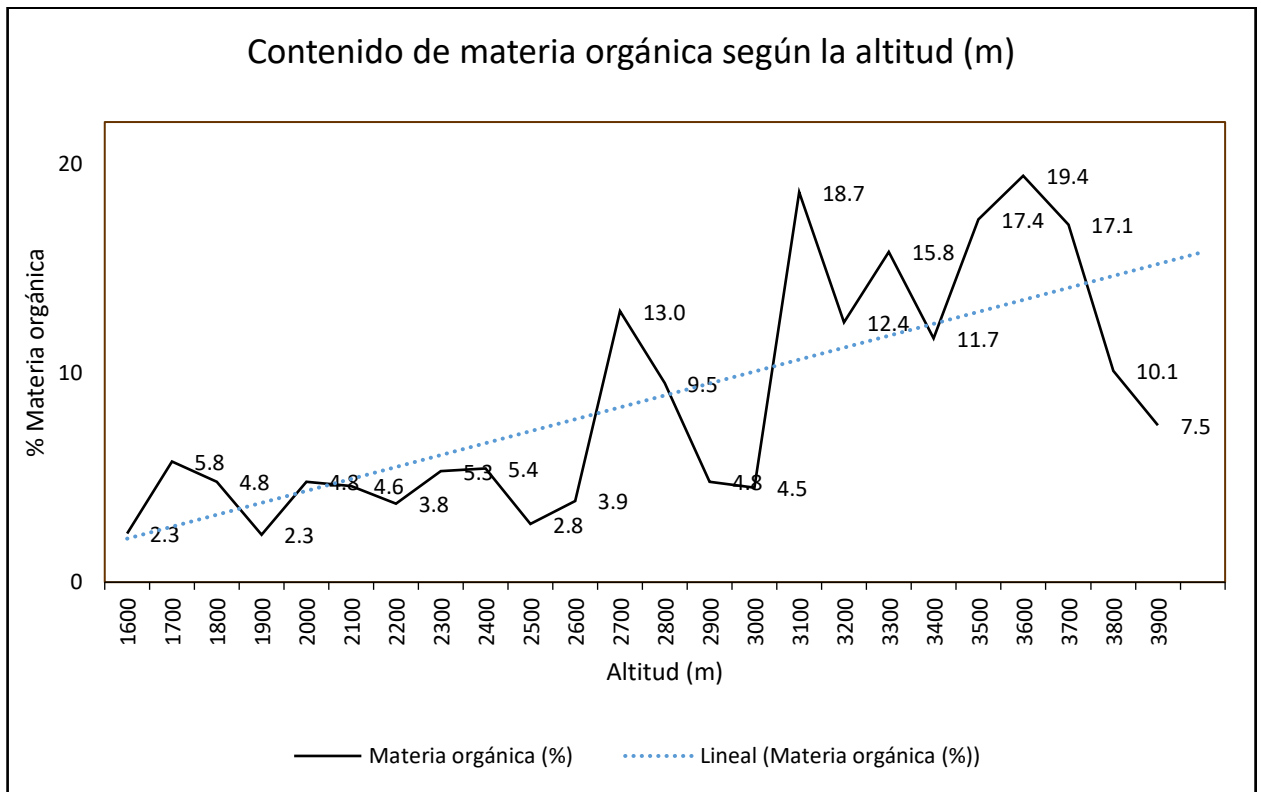
*Correlación entre la altitud y la materia orgánica.*



Es importante mencionar que las diferencias de altitud de 100 m no siempre el contenido de materia orgánica va a ser superior en cotas de mayor elevación y esto se debe probablemente al arrastre de la materia orgánica de lugares con mayor pendiente y que son depositados progresivamente en otros de pendientes menos pronunciadas (figura 8).

**Figura 8**

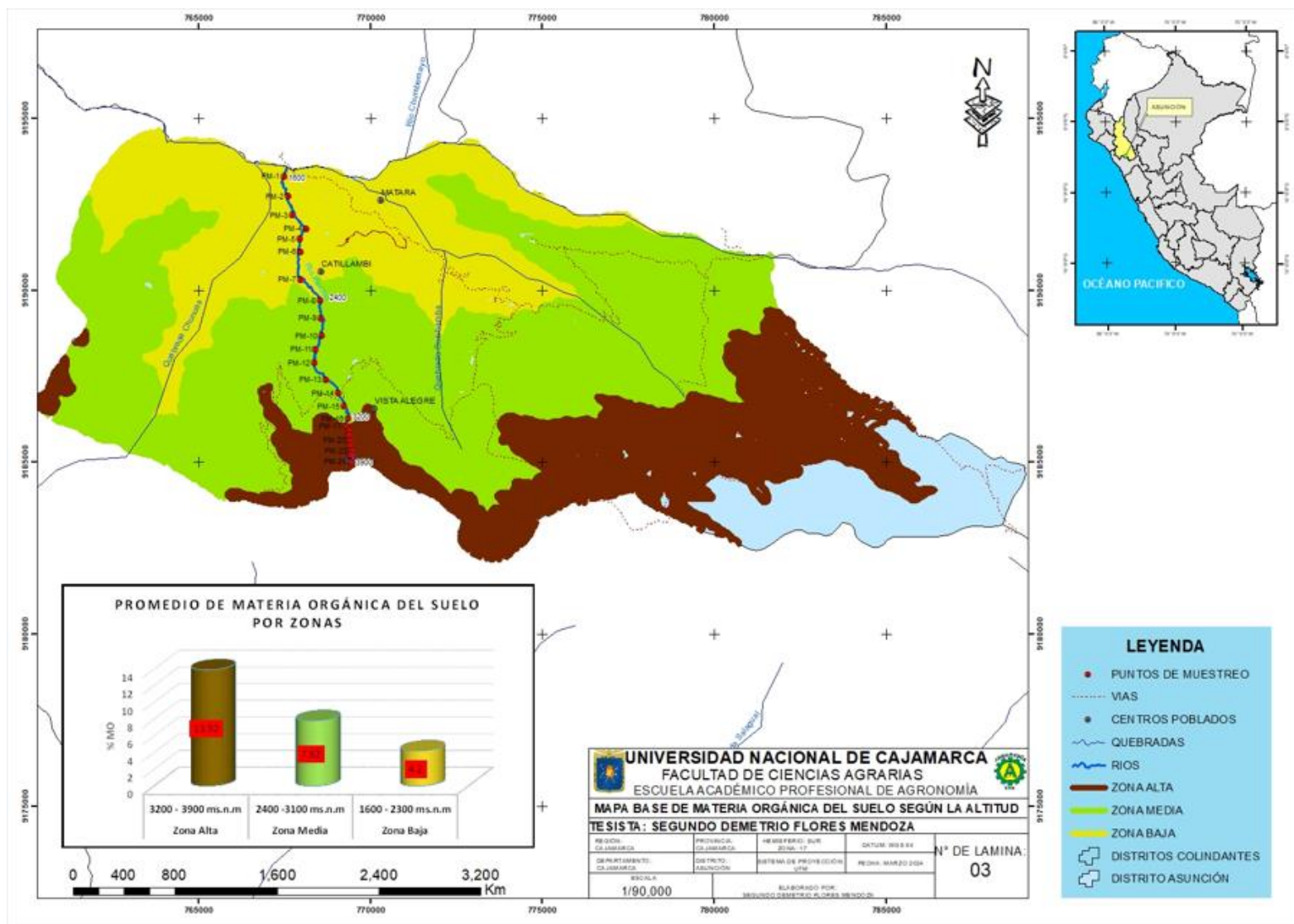
Contenido de materia orgánica según la altitud.



Sin embargo, si es que se divide la zona de estudio en 3 altitudes zonas baja (1600 a 2300 m.), media (2400 a 3100 m.) y alta (3200 a 3900 m.) los resultados son 4.20, 7.82 y 13.92 % respectivamente mostrando una tendencia a incrementarse a medida que la altitud crece (figura 9).

**Figura 9**

Mapa de promedio de materia orgánica en cada zona de estudio.





Además, cabe mencionar que la cantidad de materia orgánica de suelos cultivados es inferior al de suelos vírgenes sin importar la altitud tal es el caso de los suelos que se encuentran a los 2900 y 3000 m. Los mismos que tenían pastos cultivados para la crianza de ganado vacuno y los resultados del porcentaje de materia orgánica es inferior comparado al suelo a los 2700 m. que es un suelo virgen por ser de difícil acceso (Tabla 1).

Estos resultados sugieren una relación negativa entre la actividad agrícola y el contenido de materia orgánica en el suelo. La práctica de pastoreo y cultivo parece haber ejercido un impacto negativo, puesto que se logra una minimización de la cantidad de materia orgánica. En contraste, el suelo virgen de difícil acceso a 2700 m. muestra un contenido de materia orgánica superior, indicando una menor interferencia humana y disturbios en comparación con sus contrapartes cultivadas.

La dificultad de acceso a este suelo virgen sugiere que la preservación de su estado natural ha sido un factor determinante en la conservación de su contenido de materia orgánica. Esta observación resalta la importancia de considerar la actividad humana y las prácticas agrícolas en la calificación de la calidad del suelo. Además, subraya la necesidad de implementar estrategias de manejo sostenible y de preservación del suelo para mitigar la pérdida de materia orgánica y fomentar la salud a largo plazo de los suelos en la región estudiada.

**Tabla 1***Contenido de materia orgánica según uso actual del suelo*

<b>Muestra</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Uso del suelo</b>
MS-1	1600	2.33	Suelo virgen
MS-2	1700	5.76	Suelo virgen
MS-3	1800	4.79	Suelo virgen
MS-4	1900	2.27	Suelo virgen
MS-5	2000	4.79	Suelo virgen
MS-6	2100	4.6	Suelo virgen
MS-7	2200	3.76	Suelo virgen
MS-8	2300	5.31	Suelo virgen
MS-9	2400	5.44	Suelo virgen
MS-10	2500	2.78	Pastos cultivados
MS-11	2600	3.89	Suelo virgen
MS-12	2700	12.95	Suelo virgen
MS-13	2800	9.52	Suelo virgen
MS-14	2900	4.79	Pastos cultivados
MS-15	3000	4.53	Pastos cultivados
MS-16	3100	18.65	Suelo virgen
MS-17	3200	12.43	Suelo virgen
MS-18	3300	15.8	Suelo virgen
MS-19	3400	11.66	Suelo virgen
MS-20	3500	17.35	Suelo virgen
MS-21	3600	19.43	Suelo virgen
MS-22	3700	17.09	Suelo virgen
MS-23	3800	10.1	Suelo virgen
MS-24	3900	7.51	Suelo virgen

Como existe una relación lineal y positiva entre la altitud y el contenido de materia orgánica del suelo procedemos a elaborar una ecuación de regresión y poder determinar el contenido de materia orgánica en cualquier altitud de la microcuenca del río Pinche - Asunción.

**Tabla 2**

*Determinación de ecuación de regresión*

Muestra Suelo (MS)	Altitud (m)	Materia orgánica (%)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	X	Y			
MS-1	1600	2.33	3728	2560000	5.4289
MS-2	1700	5.76	9792	2890000	33.1776
MS-3	1800	4.79	8622	3240000	22.9441
MS-4	1900	2.27	4313	3610000	5.1529
MS-5	2000	4.79	9580	4000000	22.9441
MS-6	2100	4.6	9660	4410000	21.16
MS-7	2200	3.76	8272	4840000	14.1376
MS-8	2300	5.31	12213	5290000	28.1961
MS-9	2400	5.44	13056	5760000	29.5936
MS-10	2500	2.78	6950	6250000	7.7284
MS-11	2600	3.89	10114	6760000	15.1321
MS-12	2700	12.95	34965	7290000	167.7025
MS-13	2800	9.52	26656	7840000	90.6304
MS-14	2900	4.79	13891	8410000	22.9441
MS-15	3000	4.53	13590	9000000	20.5209
MS-16	3100	18.65	57815	9610000	347.8225
MS-17	3200	12.43	39776	10240000	154.5049
MS-18	3300	15.8	52140	10890000	249.64
MS-19	3400	11.66	39644	11560000	135.9556
MS-20	3500	17.35	60725	12250000	301.0225
MS-21	3600	19.43	69948	12960000	377.5249
MS-22	3700	17.09	63233	13690000	292.0681
MS-23	3800	10.1	38380	14440000	102.01
MS-24	3900	7.51	29289	15210000	56.4001
n=24	Σ=66000	Σ=207.53	Σ=636352	Σ=193000000	Σ=2524.3419

**Recta de regresión: Y = a + bx**

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum X^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{24(636352) - 66000(207.53)}{24(193\ 000\ 000) - (66\ 000)^2}$$

$$b = 0,0057$$

Calculamos a.

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{207,53}{24} = 8,65$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{66000}{24} = 2750$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

$$a = 8,65 - 0,0057(2750)$$

$$a = -7,05$$

Luego la recta de regresión es:  $y = a + b x$

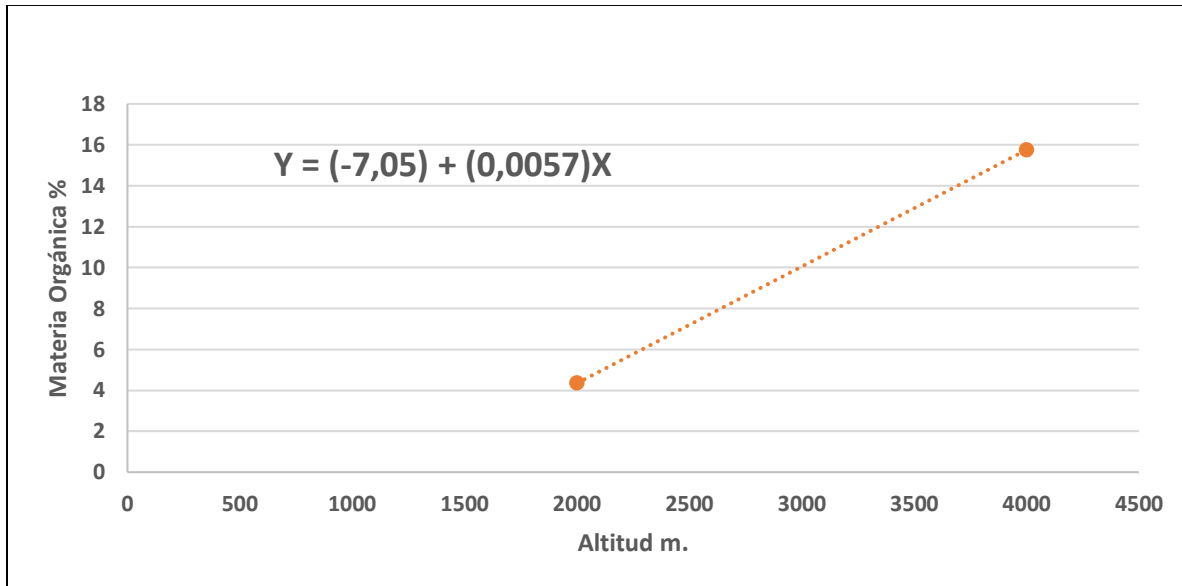
$$Y = -7,05 + 0,0057X = 0,0057x - 7,05$$

Verificando en el gráfico la ecuación de regresión es:

Tomando una altitud de  $X = 1650$  m., entonces  $Y = -7,05 + 0,0057(1650) = 2,355$  (Es la materia orgánica que contiene en esa altitud aproximadamente). Finalmente tomamos dos altitudes 2000 y 4000 m. para graficar nuestra línea de regresión entre la altitud y la materia orgánica en la microcuenca del río Pinche en el distrito de Asunción provincia y departamento (figura 10).

**Figura 10**

*Línea de regresión para el contenido de materia orgánica del suelo según altitud en microcuenca del río Pinche - Asunción.*



En otros estudios ejecutados por Sánchez et al. (2005). En Venezuela, específicamente en la cuenca del río Maracay, determinó que el carbono orgánico total alcanza a 5,1 % en el sitio de mayor altitud (1600 m.), mientras en la altura (670 m.) los valores no superan a 1,48 %, mostrando una tendencia a aumentar con la altitud.

Por otro lado, en un estudio realizado por Mosquera (2017) en un suelo agrícola situado en el valle del Mantaro en una parcela cuya diferencia de altura del punto más alto al más bajo es apenas es 4.76 m existe correlación inversa significativa entre la altura relativa con la materia orgánica debido más que todo a un mayor contenido de materia orgánica en la zona baja de la superficie por acarreo de materiales que circulan por medio de la pendiente.

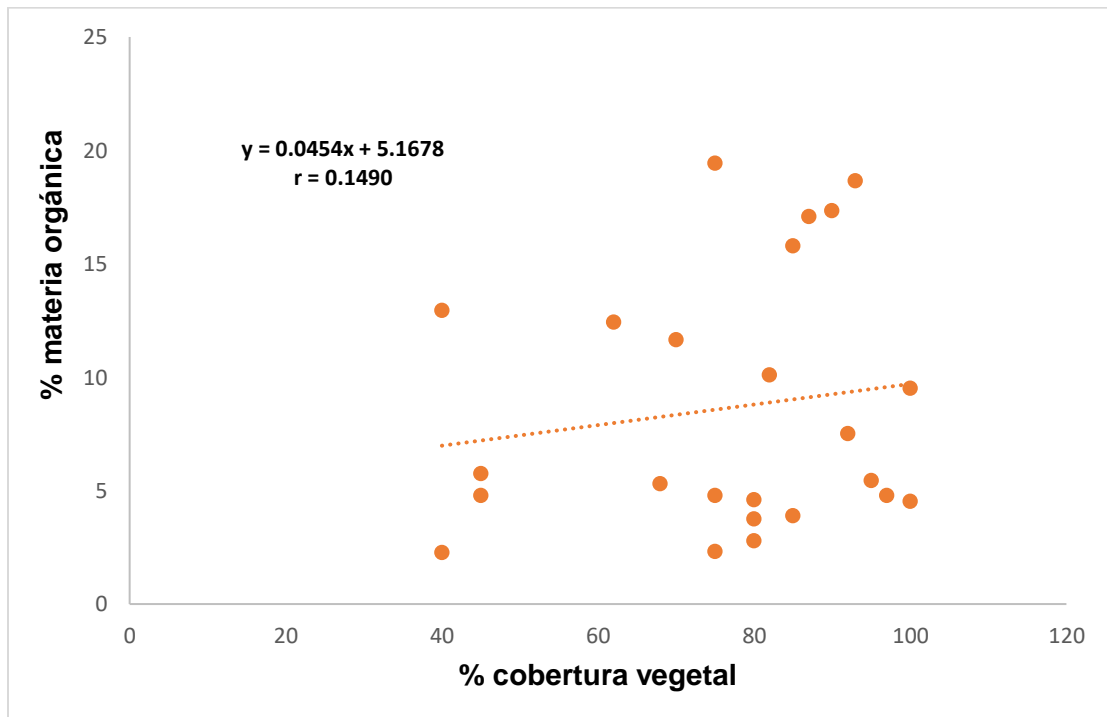
Los suelos que ocupan posiciones muy elevadas y con pendientes pronunciadas experimentan una progresiva pérdida de sedimentos de tipo inorgánico y orgánico, más que todo en las capas superiores, y se van acumulando progresivamente en las zonas de menor pendiente, incrementando así su contenido de materia orgánica (Encina, 1999).

#### 4.2. Correlación entre la cobertura vegetal y la materia orgánica

Los resultados de vinculación entre ambas variables muestran que existe una correlación positiva pero muy baja (figura 11). Probablemente esto se deba a que no siempre la cobertura vegetal que está sobre el suelo se va a descomponer sobre el mismo, tal es el caso de suelos con pastos cultivados donde al momento de tomar la muestra el porcentaje de cobertura vegetal es alto, pero después esa cobertura vegetal es consumida y removida por el ganado. Además, esta cobertura vegetal antes de descomponer probablemente sea arrastrado por el agua de lluvia y acumulada en lugares de menos pendiente. Este fenómeno podría influir en la distribución espacial de la materia orgánica y, por ende, en la correlación observada entre la cobertura vegetal y el contenido de materia orgánica. En consecuencia, se sugiere profundizar en el entendimiento de las interacciones temporales y espaciales entre la cobertura vegetal y el ciclo de la materia orgánica, considerando la variabilidad estacional y los procesos de remoción por factores externos, como el pastoreo del ganado y la erosión causada por la lluvia.

**Figura 11**

*Correlación entre la cobertura vegetal y la materia orgánica.*



En el estudio realizado por Canales & Carrillo (2018) indican que la cobertura vegetal influye en la cantidad de materia orgánica del suelo mostrando resultados como: Cobertura semicompostada 9.8 %, cobertura de frejol mungo 8.9 %, cobertura vegetal muerta 9.2% y suelo descubierto 6.6 %; esto muestra que el tratamiento cobertura semicompostada evidencia una marcada diferencia con el suelo descubierto.

Los suelos de cobertura vegetal permanente, como los bosques y las praderas, tienen mayores niveles de materia orgánica en comparación con los suelos agrícolas (Guo & Gifford, 2002).

En otro estudio ejecutado por Garcia et al. (2016). Indica la vinculación entre la cobertura vegetal y el carbono orgánico del suelo en áreas forestales demostrando ser positiva pero muy baja entre la cobertura vegetal y la cantidad de carbono orgánico del suelo.

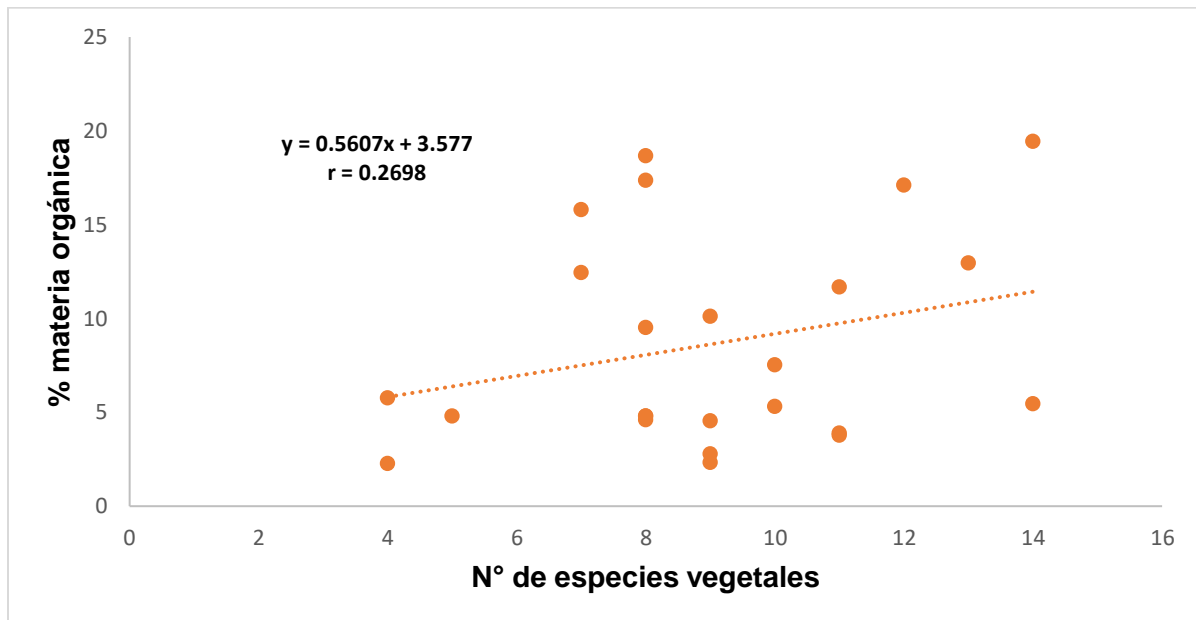
Por otro lado, en un estudio realizado por Wang et al. (2020). Sobre el impacto de la cobertura vegetal y uso del suelo en los niveles de carbono orgánico y nitrógeno total en una región kárstica de China. Se encontró que los suelos con cobertura vegetal natural, como bosques y pastizales, tenían mayores contenidos de carbono orgánico en comparación con las áreas de agricultura intensiva.

#### **4.3. Correlación entre cantidad de especies vegetales y la materia orgánica**

Los resultados de correlación entre la cantidad de especies vegetales y la materia orgánica muestran una correlación positiva pero baja (figura 12). Lo cual revela una baja contribución de la cantidad de especies vegetales en la variación del contenido de materia orgánica.

**Figura 12**

*Correlación entre la cantidad de especies vegetales y la materia orgánica.*



La baja correlación sugiere que la cantidad de especies vegetales tiene una influencia limitada en la variación del contenido de materia orgánica. Esto implica que otros factores pueden estar desempeñando un papel más significativo en la determinación de los niveles de materia orgánica en el suelo, como el tipo de vegetación, uso de la tierra y calidad de los residuos vegetales.

En el estudio realizado por Smith et al. (2018). Sobre la correlación entre la riqueza de especies vegetales y el contenido de materia orgánica en ecosistemas de pastizales indica que existe una positiva pero baja correlación entre dichas variables, mostrando que la riqueza de especies vegetales tiene una contribución limitada en la variación del contenido de materia orgánica.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Existe alta correlación lineal positiva entre la altitud y la materia orgánica en la microcuenca del río Pinche, cuyo valor de  $(r)$  es 0.72. Concluyendo que mientras mayor sea la altitud, también aumenta la cantidad de materia orgánica.

El coeficiente de correlación entre la cobertura vegetal y la materia orgánica en la microcuenca del río Pinche es  $r = 0.15$ , concluyendo que existe una positiva pero débil correlación entre estas variables.

La correlación entre la cantidad de especies vegetales y la materia orgánica del suelo es positiva pero débil teniendo un valor de  $r = 0.27$ . Esto indica que la cantidad de especies vegetales tiene una baja contribución en la variación del contenido de materia orgánica del suelo.

#### 5.2. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo investigaciones más detalladas para comprender los mecanismos subyacentes a esta relación. Sería beneficioso examinar otros factores como la temperatura, la precipitación y la pendiente.

La cobertura vegetal mostró una correlación muy baja con la materia orgánica, se recomienda ampliar el análisis para incluir otros factores, como la calidad de los residuos vegetales, la actividad microbiana y el uso del suelo.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Martínez, V., Zobeck, T., y Allen, V. (2004). Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated crop–livestock systems. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1875-1884.
- Alves, R., de Carvalho, I. A., Ribeiro, E. y De Sá, E. (2015). Comparison of different methods for the determination of total organic carbon and humic substances in Brazilian soils. *Revista Ceres*, (62), 496-501.  
<https://www.scielo.br/j/rceres/a/hR6p9wZ38DsFQLwTgqVbzMj/>
- Arias, M., González-Pérez, J., González-Vila, F., Ball, A. (2005). Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists. *International Microbiology*. p. 1-9.
- Batjes, N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eur J Soil Sci*. p. 47.
- Bauer, A., & Black, A. (1994). Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 15–193.
- Baveye, P., Otten, W., Kravchenko, A., y Baveye, J. (2018). From dust bowl to Dust Bowl: Soils still matter. *Soil Science Society of America Journal*, 82(1), 5-16.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj2016.11.0378>
- Betancourt, Y. P. (1999). Materia orgánica y caracterización de suelos en proceso de recuperación con coberturas vegetativas en zonas templadas de México. *Terra Latinoamericana*, 139-148.
- Bot, A. y Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter. FAO. Roma, Italia, s.e. 1-80  
<https://www.fao.org/publications/card/en/c/d191e97e-633b-5f2f-a155-eeffbd50541f/>
- Braun, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde* (Vol. 3). Springer-Verlag.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):106 - 116. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

- Canales, R. y Carrillo, R. (2018). Efecto de tres coberturas vegetales (viva, muerta, semicompostada) sobre las condiciones físicas, biológicas del suelo y manejo de malezas en el cultivo de papaya en el sector CNRA, Campus Agropecuario UNAN-León octubre 2017- mayo 2018. [Tesis de grado, UNAN-León]  
digital.<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7237/1/242023.pdf>
- Castelán, R., López, L., Tamariz, J., Linares, G. y Cruz, A. (2017). Erosión y pérdida de nutrientes en diferentes sistemas agrícolas de una microcuenca en la zona periurbana de la ciudad de Puebla, México. *Terra Latinoamericana*, 35(3), 229-235.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v35i3.134>
- Chen, L., Huang, J. y Yu, H. (2018). Efectos de los grupos funcionales de plantas y tipos de hojarasca en las fracciones de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo del suelo en un bosque subtropical. *Planta y Suelo*, 425(1-2), 105-118.
- Docampo, R. (2014). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en la producción frutícola. *INIA*, 67, 81–89.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>
- Donoso, C. (1994). *Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente*. Chile: Editorial universitaria.
- Encina, A. Moreno A, Gerardo P, (1999). Relación del contenido de materia orgánica con el relieve del terreno. *Investigación Agraria*, 38-42.
- Eshun, E. (2023). Re: What are the factors directly affecting the amount of organic matter in the soil and factor that can affect the rate of decomposition? University of Cape Coast.  
Obtenido de  
[https://www.researchgate.net/post/What\\_are\\_the\\_factors\\_directly\\_affecting\\_the\\_amount\\_of\\_organic\\_matter\\_in\\_the\\_soil\\_and\\_factor\\_that\\_can\\_affect\\_the\\_rate\\_of\\_decomposition/64c0fa918757a5642208c012/citation/download](https://www.researchgate.net/post/What_are_the_factors_directly_affecting_the_amount_of_organic_matter_in_the_soil_and_factor_that_can_affect_the_rate_of_decomposition/64c0fa918757a5642208c012/citation/download)

- Essling, M. (2020). The importance of soil organic matter. *Grapegrower & Winemaker*, 680, 82-83. Obtenido de <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2021/01/s2187.pdf>
- Fageria, N., & Gheyi, H. (1999). *Efficient crop production*. Campina Grande: Federal University of Paraiba.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). *El estado de los recursos de suelos en el mundo. Informes sobre los recursos mundiales de suelos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. 2019. Mapa de Carbono orgánico del suelo. Obtenido de:  
<http://www.fao.org/3/i8195es/i8195ES.pdf>
- FAO. (2020). Portal de suelos de la FAO: propiedades químicas. Consultado 30 ago. 2020. Obtenido en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Fitz, E. (1984). *Suelos, Su formación, clasificación y distribución*. Primera edición.
- Garcia, M., Rodriguez, J., & Perez, L. (2016). Relationship between Vegetation Cover and Soil Organic Carbon in Forested Areas. *Forest Ecology and Management*.
- García, M., y Gómez. Z. (2012). *Manejo de la materia orgánica en la Amazonía*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Tropenbos Internacional Colombia, NUFFIC-NPT. Bogotá.
- Guo, L., y Gifford, R. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8(4), 345-360.
- Gurmu, G. (2019). Soil Organic Matter and its Role in Soil Health and Crop Productivity Improvement. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 7(7), 475-483. <http://dx.doi.org/10.14662/ARJASR2019.147>
- Huamán, M., Espinoza, F., Barrial, A., y Ponce, Y. (2021). Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de

- pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria* [online]. 12 (1): 83-90.  
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2015). *El Suelo*. Tacuarembó – Uruguay.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (1999). *Manejo y fertilidad de suelos*. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Andes 1365, Piso 12. Montevideo – Uruguay.
- Jackman, R. (1964). Accumulation of organic matter in some New Zealand soils under permanent pasture. I- Patterns of organic carbón, nitrogen, sulphur, and phosphorus. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. p. 445-471.
- Jaramillo, D. F., Parra, L & González, L. (1994). *El recurso suelo en Colombia: Distribución y Evaluación*. Instituto de Ciencias Naturales y Ecología – ICNE. Medellín.
- Jaramillo, D. F. (2011). Caracterización de la Materia Orgánica del Horizonte Superficial de un Andisol Hidromórfico del Oriente Antioqueño (Colombia). *Rev. acad. colomb. cienc. exact. fis. nat.* [online]. 2011, 35 (134), pp.23-33. ISSN 0370-3908.
- Jordán, L. (2005). *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Sevilla. España. 143 p.
- Kumada, K. (1987). *Chemistry of soil organic matter*. Japan Scientific Societies Press. Elsevier. Tokyo. 241 p.
- Kumar, R., Kaushal, S., Kaur, G., y Gulati, D. (2020). Effect of soil organic matter on physical properties of soil. *Just Agriculture*, 1(2), 25-30. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/360560644\\_Effect\\_of\\_soil\\_organic\\_matter\\_on\\_physical\\_properties\\_of\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/360560644_Effect_of_soil_organic_matter_on_physical_properties_of_soil)
- Lal, R. (2004). Secuestro de carbono en el suelo para mitigar el cambio climático. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22.

- Lv, J., Huang, Z., Luo, L., Zhang, S., y Wang, Y. (2022). Advances in Molecular and Microscale Characterization of Soil Organic Matter: Current Limitations and Future Prospects. *Environ. Sci. Technol.*, 56(18), 12793–12810. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00421>
- Martín, N. y Durán, A. (2008). El suelo y su fertilidad. Universidad Agraria La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. La Habana. Cuba.
- Mendenhall, W., y Sincich, T. (2021). Estadística matemática con aplicaciones (8ª ed.). Cengage Learning Editores.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú - SENAMHI. (2023). Plan de Operaciones de Emergencia de la Provincia de Cajamarca 2022-2023. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=pronostico-meteorologico>
- Montgomery, D. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13268-13272. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>
- Mosquera Lenti, F. (2027). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en un suelo agrícola en el valle del Mantaro (Tesis posgrado, UNALM) <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2923/P33-M6-T-resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Navarro, B. (2010). Indicadores físicos de un suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. Montecillos: Estado de México.
- Navarro, J., Moral, R., Gómez, I., Mataix, J. J. (1995). Residuos orgánicos y agricultura. España: Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones
- Nelson, D. y Sommers, L. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (pp. 961-1010). Soil Science Society of America.
- Nelson, D. y Sommers, L. (1982). Total carbón, orgánico carbón, and organic matter. In: Page, A.L., ed. *Methods of soil analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Second Edition ASA-SSSA. Cap 29 p. 539-579.*

- Ochoa, G., Malagón, C., y Pereyra, J. (1981). El contenido de materia orgánica, nitrógeno total y factores que los afectan en algunos suelos de Venezuela. CIDIAT, SC-44. P. 9.
- Olsen, S. R., Cole, C. V, Watanabe, F & Dean, L. (1954). Estimación de Fósforo Disponible en Suelos por Extracción con Bicarbonato de Sodio. Circular del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 939, 1-19.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Mundi-Prensa.
- Porta, J., López Acevedo, M. y Roquero, C. (2010). Degradación de suelos y calidad ambiental. En: Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi Prensa: Madrid.
- Prentice, I., Farquhar, G., Fasham, M., Goulden, M., Heimann, M., Jaramillo, V., et al. (2001). The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. En: Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P., Dai, X., et al., editors. Climate change: the scientific basis. Cambridge (UK): Cambridge Univ. Press. p. 183.
- Prieto Méndez, J., Prieto García, F., & Acevedo, O. (2014). Variabilidad espacial de la materia orgánica en un suelo dedicado al cultivo de cebada maltera (*Hordeum distichum* L.). Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (71), 141-152.
- Rowell, D. L. (2014). Soil Science: Methods and Applications. Routledge.
- Sanchez, B., Ruiz, M. & Rios, M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. Agronomía Trop. [online]. vol.55, n.4. ISSN 0002-192X
- Sales, D. M. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

- Salguero Londoño, B. M., & Brínez Varón, D. (2020). Evaluación de la materia orgánica con respecto a la altitud en sistemas agrícolas del Tolima. *Indagare*, (8), 137-144.  
<https://revistas.unibague.edu.co/indagare/article/view/281>
- Schnitzer, M. & Khan, S. (1972). *Humic Substances in the Environment*. Marcel Dekker. New York.
- Schnitzer, M. (1991). Soil organic matter - the next 75 years. *Soil Sci.* p. 41-58.
- Senesi, N., Plaza, C., y Brunetti, G. (2007). Soil humic substances: Chemical properties, interactions and agronomic impacts. In *Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems* (pp. 341-383). John Wiley & Sons.
- Simpson, A., Song, G., Smith, E., Lam, B., Novotny, E., Hayes, M. (2007). Unraveling the Structural components of soil humin by use of solution-state nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.*, 41, 876-883.
- Smith, A., Johnson, B., y Brown, C. (2018). Correlation between Plant Species Richness and Soil Organic Matter Content in Grassland Ecosystems. *Journal of Ecology*.
- Smith, R. J, Lenz, T, Katz, R y Naylor, R. L (2017). Impactos del cambio climático en el régimen de inundaciones anuales del río Mississippi. *Futuro de la Tierra*, 5(2), 161-176.
- Smith, J. R. (2018). Soil Organic Matter: Definition and Importance. En *Soil Science: Principles and Applications* (p. 123). Wiley.
- Sposito, G. (2008). *The chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Strahm, B. D., & Harrison, R. (2008). Controls on the sorption, desorption and mineralization of low-molecular-weight organic acids in variable-change soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:1653-1664.
- Stevenson, F. J. (1982). *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons. New York. 443 p.



- Tisdall, J. (1994). Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*, 159(1), 115–121.
- USDA-NRCS. (2012). Soil organic matter. USDA-NRCS. Obtenido de [envirothonpa.org/documents/OM\\_guide.pdf](http://envirothonpa.org/documents/OM_guide.pdf)
- Vicente, J., García, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., y Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 235, 204-214.
- Wang, X., Song, L., Ma, W., Li, J., Zhou, M., & Zhang, C. (2020). Impact of land use and vegetation cover on soil organic carbon and total nitrogen in a typical karst region of Southwest China. *Journal of Soils and Sediments*, 20(7), 3073-3083.
- Weil, R., y Brady, N. (2017). Soil organic matter. Nature and properties of soils. England: Pearson Education Limited.
- Wolff, M. y Ovalle, C. (2016). El Secuestro de Carbono en los Suelos. Santiago. Chile. P. 3.
- Zagal, E., Rodríguez, N., Vidal, I. y Flores, A. (2002). La fracción liviana de la materia orgánica de un suelo volcánico bajo distinto manejo agronómico como índice de cambios de la materia orgánica lábil. *Agricultura Técnica*. 62(2): 284-296.

## ANEXOS

**Tabla 3**

*Resultados del porcentaje de materia orgánica en la zona de estudio*

<b>Muestra (MS)</b>	<b>Coordenadas UTM (Este/Norte)</b>		<b>Altitud (m)</b>	<b>Localidad</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>
MS-1	769436	9185023	3900	Vista Alegre	7.51
MS-2	769432	9185205	3800	Vista Alegre	10.10
MS-3	769454	9185341	3700	Vista Alegre	17.09
MS-4	769416	9185480	3600	Vista Alegre	19.43
MS-5	769413	9185638	3500	Vista Alegre	17.35
MS-6	769386	9185805	3400	Vista Alegre	11.66
MS-7	769381	9185942	3300	Vista Alegre	15.80
MS-8	769305	9186055	3200	Vista Alegre	12.43
MS-9	769376	9186268	3100	Vista Alegre	18.65
MS-10	769252	9186622	3000	Vista Alegre	4.53
MS-11	769074	9187006	2900	Vista Alegre	4.79
MS-12	768728	9187406	2800	Vista Alegre	9.52
MS-13	768383	9187891	2700	Vista Alegre	12.95
MS-14	768425	9188277	2600	Vista Alegre	3.89
MS-15	768599	9188671	2500	Catillambi	2.78
MS-16	768587	9189180	2400	Catillambi	5.44
MS-17	768556	9189696	2300	Catillambi	5.31
MS-18	767985	9190310	2200	Catillambi	3.76
MS-19	767977	9191117	2100	Mollepata	4.60
MS-20	767954	9191482	2000	Mollepata	4.79
MS-21	768150	9191778	1900	Mollepata	2.27
MS-22	767754	9192175	1800	Mollepata	4.79
MS-23	767626	9192722	1700	Matara	5.76
MS-24	767499	9193310	1600	Matara	2.33

MS=Muestra de suelo

**Tabla 4**

*Especies vegetales presentes en la zona de estudio.*

Familia	Especies	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja	Hábito de crecimiento
Amaryllidaceae	<i>Stenomesson miniatum</i> Herb.			X	Hierba
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.		X	X	Árbol
Apiaceae	<i>Arracacia peruviana</i> (H.Wolff) Constance		X		Hierba
	<i>Eryngium humile</i> Cav.	X			Hierba
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.		X	X	Hierba
Asteraceae	<i>Ageratina sterbergiana</i> (DC.) R.King & H.Rob.	X	X		Hierba
	<i>Baccharis alaternoides</i> Kunth.			X	Hierba
	<i>Bidens andicola</i> Kunth.	X	X	X	Hierba
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth.		X	X	Hierba
	<i>Chevreulia acuminata</i> Less.	X			Hierba
	<i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd.	X			Hierba
	<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	X	X		Hierba
	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Loisel.) O.Hoffm.	X			Hierba
	<i>Liabum floribundum</i> Less.		X	X	Hierba
	<i>Ophryosporus chilca</i> Kunth.	X			Hierba
	<i>Paranephelius uniflorus</i> Poepp.	X			Hierba
	<i>Philoglossa peruviana</i> DC.		X	X	Hierba
	<i>Smallanthus jelskii</i> (Hieron.) H.Rob.		X		Hierba
	<i>Stevia macbridei</i> B.L.Rob.	X			Arbusto
Bromeliaceae	<i>Puya</i> sp.		X		Hierba
	<i>Tillandsia cacticola</i> L.B.Sm.			X	Hierba
	<i>Tillandsia multiflora</i> var. <i>tomensis</i> L.B.Sm.			X	Hierba
Calceolariaceae	<i>Calceolaria triloba</i> Edwin.	X			Hierba
Caprifoliaceae	<i>Belonanthus spathulatus</i> (Ruiz & Pav.) Schmale	X			Hierba
Caryophyllaceae	<i>Cerastium subspicatum</i> Wedd.	X			Hierba
	<i>Drymaria grandiflora</i> Bartl.	X			Hierba
Clusiaceae	<i>Hypericum silenoides</i> Juss.	X	X		Hierba
Commelinaceae	<i>Commelina tuberosa</i> L.		X	X	Hierba
Cyperaceae	<i>Rhynchospora ruiziana</i> Boeckeler		X		Hierba
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea ancachsensis</i> R.Knuth	X			Hierba
Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth		X		Hierba
Euphorbiaceae	<i>Croton ruizianus</i> Müll.Arg.			X	Arbusto
	<i>Euphorbia huanchahana</i> (Klotzsch & Garcke) Boiss.	X			Hierba

	<i>Euphorbia repens</i> K.Koch	X			Hierba
Fabaceae	<i>Acacia macracantha</i> Willd.		X	X	Árbol
	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze			X	Árbol
	<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.		X	X	Hierba
	<i>Desmodium molliculim</i> (Kunth) DC.		X	X	Hierba
	<i>Lupinus peruvianus</i> Ulbr.		X		Arbusto
	<i>Mimosa polycarpa</i> Kunth		X	X	Hierba
	<i>Rhynchosia mantaroensis</i> J.F.Macbr.			X	Hierba
	<i>Taraxacum fernandezianum</i> Dahlst. ex Dahlst.		X		Hierba
	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	X			Hierba
	<i>Trifolium pratense</i> L.		X		Hierba
	<i>Trifolium repens</i> L.		X		Hierba
Geraniaceae	<i>Geranium ayavacense</i> Willd. ex Kunth	X			Hierba
Juncaceae	<i>Luzula ecuadoriensis</i> Balslev	X			Hierba
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala</i> Epling		X		Hierba
	<i>Lepechinia scobina</i> Epling		X		Arbusto
	<i>Minthostachys glabrescens</i> (Benth.) Epling		X		Arbusto
	<i>Stachys aperta</i> Epling	X		X	Hierba
	<i>Veronica arvensis</i> L.		X		Hierba
Malvaceae	<i>Bastardia bivalvis</i> (Cav.) Kunth		X	X	Arbusto
	<i>Malvastrum aboriginum</i> B.L. Rob.			X	Hierba
	<i>Pavonia sepium</i> A.St.-Hil.		X		Arbusto
Melastomataceae	<i>Brachyotum naudinii</i> Triana	X			Arbusto
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton			X	Hierba
Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i> L.	X			Hierba
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.		X	X	Hierba
	<i>Oxalis eriolepis</i> Wedd.	X			Hierba
	<i>Oxalis peduncularis</i> Kunth	X			Hierba
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.		X		Hierba
	<i>Plantago major</i> L.			X	Hierba
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	X	X		Hierba
	<i>Bothriochloa saccharoides</i> (Sw.) Rydb.		X		Hierba
	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	X			Hierba
	<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	X			Hierba
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		X		Hierba
	<i>Dactylis glomerata</i> L.		X		Hierba
	<i>Eragrostis nigricans</i> (Kunth) Steud.			X	Hierba
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.		X		Hierba
	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka			X	Hierba

	<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth		X		Hierba
	<i>Muhlenbergia ligularis</i> (Hack.) Hitchc.	X	X		Hierba
	<i>Nassella depauperata</i> (Pilg.) Barkworth	X			Hierba
	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	X			Hierba
	<i>Paspalum notatum</i> Flüggé			X	Hierba
	<i>Paspalum tuberosum</i> Mez		X		Hierba
	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.		X	X	Hierba
	<i>Poa annua</i> L.			X	Hierba
	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston.		X		Hierba
Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia volcánica</i> (Benth.) Endl.	X			Hierba
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.		X	X	Hierba
Pteridaceae	<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.		X		Hierba
	<i>Cheilanthes pruinata</i> Kaulf.	X			Hierba
	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link		X		Hierba
Ranunculaceae	<i>Anemone helleborifolium</i> (DC.) Starod.			X	Hierba
	<i>Ranunculus flagelliformis</i> Sm.		X	X	Hierba
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> var. <i>andina</i> L.M.Perry	X			Hierba
	<i>Alonsoa linearis</i> (Jacq.) Ruiz & Pav.	X			Hierba
	<i>Geum peruvianum</i> Focke		X		Hierba
	<i>Rubus robustus</i> P.J.Müll.		X		Arbusto
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum ciliolatum</i> Standl.	X			Arbusto
	<i>Arcytophyllum filiforme</i> (Ruiz & Pav.) Standl.		X		Arbusto
Sapindaceae	<i>Allophylus mollis</i> (Kunth) Radlk.		X		Árbol
Solanaceae	<i>Solanum maturecalvans</i> Bitter	X			Arbusto
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris demissa</i> A.R. Sm.		X		Hierba
Urticaceae	<i>Phenax laxiflorus</i> Wedd.			X	Arbusto
Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> Kunth			X	Hierba
Violaceae	<i>Viola bangiana</i> W. Becker	X			Hierba
<b>37</b>		<b>100</b>	<b>39</b>	<b>50</b>	<b>34</b>

**Tabla 5***Número de especies vegetales por familia botánica en la zona de estudio.*

<b>N°</b>	<b>Familia botánica</b>	<b>Número de especies</b>	<b>%</b>
1	Poaceae	18	18.00
2	Asteraceae	14	14.00
3	Fabaceae	11	11.00
4	Lamiaceae	5	5.00
5	Rosaceae	4	4.00
6	Bromeliaceae	3	3.00
7	Euphorbiaceae	3	3.00
8	Malvaceae	3	3.00
9	Oxalidaceae	3	3.00
10	Pteridaceae	3	3.00
11	Apiaceae	2	2.00
12	Caryophyllaceae	2	2.00
13	Plantaginaceae	2	2.00
14	Polygonaceae	2	2.00
15	Ranunculaceae	2	2.00
16	Rubiaceae	2	2.00
17	Amaryllidaceae	1	1.00
18	Annonaceae	1	1.00
19	Apocynaceae	1	1.00
20	Calceolariaceae	1	1.00
21	Caprifoliaceae	1	1.00
22	Clusiaceae	1	1.00
23	Commelinaceae	1	1.00
24	Cyperaceae	1	1.00
25	Dioscoreaceae	1	1.00
26	Equisetaceae	1	1.00
27	Geraniaceae	1	1.00
28	Juncaceae	1	1.00
29	Melastomataceae	1	1.00
30	Onagraceae	1	1.00
31	Orobanchaceae	1	1.00
32	Sapindaceae	1	1.00
33	Solanaceae	1	1.00
34	Thelypteridaceae	1	1.00
35	Urticaceae	1	1.00
36	Verbenaceae	1	1.00
37	Violaceae	1	1.00
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100.00</b>

**Figura 13**

*Arcytophyllum ciliolatum* Standl. con 42.8 % de cobertura vegetal a una altitud de 3900 m.



**Figura 14**

*Lolium multiflorum* Lam. con 38 % de cobertura vegetal a una altitud de 2900 m.



**Figura 15**

*Cobertura vegetal escasa a una altitud de 1900 m.*



**Figura 16**

*Evaluación de cantidad de especies vegetales a una altitud 3800 m.*





**Figura 17**

*Toma de muestra de suelo en una altitud de 1900 m.*



**Figura 18**

Resultados de materia orgánica del suelo emitido por el laboratorio de la UNALM.

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO		
SOLICITANTE	:	SEGUNDO DEMETRIO FLORES MENDOZA
PROCEDENCIA	:	CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ ASUNCIÓN
REFERENCIA	:	H.R. 75807
BOLETA	:	4914
FECHA	:	16/12/2021
Número Muestra		Materia orgánica
Lab	Claves	%
3104	MS-1	2.33
3103	MS-2	5.76
3102	MS-3	4.79
3101	MS-4	2.27
3100	MS-5	4.79
3099	MS-6	4.60
3098	MS-7	3.76
3097	MS-8	5.31
3096	MS-9	5.44
3095	MS-10	2.78
3094	MS-11	3.89
3093	MS-12	12.95
3092	MS-13	9.52
3091	MS-14	4.79
3090	MS-15	4.53
3089	MS-16	18.65
3088	MS-17	12.43
3087	MS-18	15.80
3086	MS-19	11.66
3085	MS-20	17.35
3084	MS-21	19.43
3083	MS-22	17.09
3082	MS-23	10.10
3081	MS-24	7.51
<i>Dr. Constantino Calderón Mendoza</i>		
<i>Jefe del Laboratorio</i>		

**Figura 19**

*Constancia de identificación de especies vegetales.*

 <p>HERBARIO "ISIDORO SÁNCHEZ VEGA" CPUN Diseño gráfico: W. D. Díaz &amp; López</p>	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS ÁREA DE BOTÁNICA <b>HERBARIO CPUN "ISIDORO SÁNCHEZ VEGA"</b> herbariocpunisv@gmail.com      Av. Atahualpa Nº 1050 - Cajamarca</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</p>
--	--	--

**EL CURADOR DEL HERBARIO CPUN "ISIDORO SÁNCHEZ VEGA", DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA – PERÚ**

**HACE CONSTAR:**

Que, las 100 muestras botánicas presentadas por el Bachiller: **SEGUNDO DEMETRIO FLORES MENDOZA**, con DNI 47734615, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca, es parte del Proyecto de tesis denominado: **"EFECTO DE LA ALTITUD Y VEGETACIÓN EN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN LA MICROCUENCA DEL RIO PINCHE-ASUNCION-CAJAMARCA"**. Dpto. Cajamarca, Prov. Cajamarca, Dist. Asunción y localidades: Vista Alegre, Catillambi, Mollepata y Matara. Las cuales fueron procesadas, determinadas científicamente en esta institución.

Se expide el presente para los fines que sean necesarios.

Cajamarca, 01 de diciembre del 2021



*Juan F. Montoya Quino*

Ing. Juan F. Montoya Quino  
Curador del Herbario "Isidoro Sánchez Vega"  
CPUN-UNC

cc: Secretaria del Herbario.