



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN  
LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**

**AUTORAS:**

**ALESKA NOELIA RODRIGUEZ SALVATIERRA**

**MARIA EMILIA VERA LUCIO**

**TUTORA:**

**ING. SASKIA VALERIA GUILLÉN MENDOZA**

**CALCETA, JULIO DEL 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Rodriguez Salvatierra Aleska Noelia con cédula de ciudadanía 070632291-4 y Vera Lucio María Emilia con cédula de ciudadanía 135017014-6, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se encuentran dentro de este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autoras sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creativos e Innovadores.



ALESKA NOELIA RODRIGUEZ  
SALVATIERRA

CC: 070632291-4



MARÍA EMILIA VERA  
LUCIO

CC: 135017014-6

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Rodriguez Salvatierra Aleska Noelia con cédula de ciudadanía 070632291-4 y Vera Lucio María Emilia con cédula de ciudadanía 135017014-6, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix, la publicación en la biblioteca de la institución de Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



**ALESKA NOELIA RODRIGUEZ  
SALVATIERRA**

**CC: 070632291-4**



**MARÍA EMILIA VERA  
LUCIO**

**CC: 135017014-6**

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

**ING. SASKIA VALERIA GUILLEN MENDOZA**; certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO** que ha sido desarrollado por **RODRÍGUEZ SALVATIERRA ALESKA NOELIA** y **VERA LUCIO MARÍA EMILIA**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. SASKIA VALERIA GUILLÉN MENDOZA**  
**CC: 131033856-9**  
**TUTORA**

## **CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, **LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI**, Coordinador del Grupo de Investigación **FITOGÉN**, certifico que las estudiantes, **RODRÍGUEZ SALVATIERRA ALESKA NOELIA** y **VERA LUCIO MARÍA EMILIA**, realizaron su Trabajo de Integración Curricular: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**, previo a la obtención del título de **Ingenieras Agrícolas**. Este trabajo se ejecutó como parte de una actividad del proyecto de investigación titulado **CARACTERIZACIÓN MORFOFISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE PITAHAYA CON POTENCIAL COMERCIAL EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL** y registrado en la Secretaría Nacional de Planificación con CUP 382548.

**LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI**  
**COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

## **CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, **CARLOS OSWALDO VALAREZO BELTRÓN**, Coordinador del Grupo de Investigación **MSSA**, certifico que las estudiantes, **RODRÍGUEZ SALVATIERRA ALESKA NOELIA** y **VERA LUCIO MARÍA EMILIA**, realizaron su Trabajo de Integración Curricular: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**, previo a la obtención del título de **Ingenieras Agrícolas**. Este trabajo se ejecutó como parte de una actividad del proyecto de investigación titulado **CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN DIFERENTES FRACCIONES FÍSICAS DE SUELOS EN ÁREAS AGROPECUARIAS** y registrado en la Secretaría Nacional de Planificación con CUP 388095.

**CARLOS OSWALDO VALAREZO BELTRÓN**  
COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**, que ha sido desarrollado por, **RODRIGUEZ SALVATIERRA ALESKA NOELIA** y **VERA LUCIO MARÍA EMILIA**, previo a la obtención del título de **INGENIERÍA AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. LENIN VERA MONTENEGRO, Ph.D**  
**CC: 130912646-2**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**ING. JOSÉ LIZARDO REYNA BOWEN, Ph.D**  
**CC: 13098990-7**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**ING. ANGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN, Ph.D**  
**CC: 131035312-1**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad a nuestra querida carrera de Ingeniería Agrícola, en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

Queremos expresar una profunda gratitud a Dios por brindarnos salud, fuerza y perseverancia para completar este trabajo académico.

A los ingenieros encargados de este proyecto, por su orientación, paciencia, apoyo durante todo el proceso de investigación y escritura de esta tesis

A la Ingeniera Geoconda López, por estar pendientes de nosotras como estudiantes, ayudarnos en todo el proceso y la paciencia que tuvo para que nosotras podamos avanzar con este proyecto.

A la Licenciada Katty Paola Ormaza Cedeño, por darnos las recomendaciones necesarias al momento de trabajar en el laboratorio.

A nuestras amigas Marjorie Mendoza y Dalinda Navarrete por la ayuda que nos dieron en cada momento.

A nuestros compañeros y amigos de carrera por la ayuda brindada en el campo y laboratorio.



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, fuente de toda sabiduría y conocimiento, por su infinita bondad y misericordia en mi vida. Gracias por darme la fortaleza, la paciencia y la perseverancia para completar esta tesis. Sin Tu guía y bendición, este logro no habría sido posible.

A mi madre Maritza Salvatierra y a mi padre Emilio Rodriguez, sin ellos no lo habría logrado, su bendición a diario a lo largo de estos 5 años de mi vida universitaria me ha protegido y llevado por el buen camino. Por eso les dedico este trabajo, como ofrenda de su paciencia y amor.

También a mis hermanas, Adela y Dixiana Rodriguez Salvatierra, por su amor, apoyo y aliento constante durante mi viaje académico. Su ayuda incondicional ha sido una fuente de fortaleza y motivación.

Quiero expresar mi gratitud a mis compañeros de clase y amigos, quienes me han brindado su ayuda y palabras de aliento en los momentos más desafiantes de este viaje académico.

Y, por último, no menos importante, a mis amigos y amigas que hice durante estos maravillosos 5 años. Gracias por haber compartido bonitos momentos, los recordaré siempre.

Aleska Noelia Rodriguez Salvatierra

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen.

Por ser mi guía y mi luz en mis momentos más difíciles, por enseñarme que por medio de su palabra se mantiene la fe y fortaleza.

A mis padres Gabriela Lucio y Ramiro Vera.

Por ser parte de mi recorrido estudiantil, sin importar su esfuerzo posado en mí, su cariño y motivación para salir cada día adelante, por depositar su confianza y sus sueños de verme como una profesional, gracias por demostrarme cada día que hay que luchar, orar y demostrar que si se puede todo con esfuerzo vale la pena.

A mi cónyuge Eduardo Zambrano.

Por depositar cada granito de arena para poder culminar mis estudios, sus esfuerzos son los míos de poder verme triunfar y ser una profesional, por ser parte incondicional en este proceso de lucha y esfuerzo. Quien diariamente me recuerda lo importante que es creer en uno mismo

A mis amigas.

Por ser parte de este grupo de tesisistas y fomentar nuestros conocimientos en ayudarnos mutuamente, por estar en los momentos buenos y malos de nuestro desarrollo, por ser inspiración de que si se pueden lograr las cosas si uno lo pone en práctica.

María Emilia Vera Lucio

## CONTENIDO GENERAL

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICADO DEL TUTOR .....</b>	<b>IV</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IX</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>X</b>
<b>CONTENIDO GENERAL .....</b>	<b>XI</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>CONTENIDO DE FÓRMULAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>17</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.4. HIPÓTESIS .....	20
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1. PITAHAYA .....	21
2.1.1. CLASIFICACIÓN.....	21
2.1.2. VARIEDADES .....	21
2.2. TIPOS DE MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA.....	22
2.2.1. MANEJO TRADICIONAL: PRÁCTICAS COMUNES.....	22
2.2.2. MANEJO TECNIFICADO: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN ....	23

2.2.3. MANEJO ALTERNATIVO O AGROECOLÓGICO.....	25
2.3. IMPORTANCIA DE LA PITAHAYA COMO CULTIVO COMERCIAL EN EL ECUADOR.....	25
2.4. LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	26
2.5. CARBONO.....	26
2.5.1. CICLO DEL CARBONO.....	27
2.6. CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO (COS).....	27
2.6.1. SECUESTRO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO.....	27
2.7. CONCENTRACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.....	28
2.8. INFLUENCIA DEL MANEJO DE LOS CULTIVOS DE PITAHAYA EN LA ACUMULACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO.....	29
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>30</b>
3.1. UBICACIÓN.....	30
3.2. DURACIÓN.....	31
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	31
3.4.1. MÉTODOS.....	31
3.4.2. TÉCNICAS.....	32
3.5. FACTOR DE ESTUDIO.....	32
3.6. NIVELES DE ESTUDIO.....	32
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	33
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
3.10. VARIABLES DE ESTUDIOS.....	34
3.10.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	34
3.10.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	34
3.11. MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA.....	34
FASE 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA Y ROJA.....	35
FASE 2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO, EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO Y LA PROFUNDIDAD DEL SUELO.....	36

FASE 3. ANÁLISIS LOS EFECTOS DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO .....	38
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA Y ROJA .....	39
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO, EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO Y LA PROFUNDIDAD DEL SUELO .....	43
4.3. ANÁLISIS LOS EFECTOS DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO .....	47
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	48
5.2. RECOMENDACIONES.....	49
<b>BIBIOGRAFÍAS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Taxonomía de pitahaya amarilla y roja.....	10
Tabla 3.1. Datos climáticos.....	12
Tabla 3.2. ANOVA.....	17
Tabla 4.1. Caracterización física y química del suelo.....	21
Tabla 4.2. Porcentaje de humedad de la pitahaya amarilla.....	22
Tabla 4.3. Porcentaje de humedad de la pitahaya roja.....	23
Tabla 4.4. Concentración de carbono orgánico de suelo.....	23
Tabla 4.5. Acumulación en kg/m <sup>2</sup> de COS en la pitahaya amarilla.....	24
Tabla 4.6. Acumulación en kg/m <sup>2</sup> de COS en la pitahaya roja.....	24

Tabla 4.7. Acumulación total del COS en Tha-1.....	25
--	----

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 3.1. Centro de Investigación y desarrollo agropecuario.....	12
Figura 4.1. Perfil del suelo horizonte A.....	18
Figura 4.2. Perfil del suelo horizonte AB.....	19
Figura 4.3. Perfil del suelo horizonte B.....	19

## **CONTENIDO DE FÓRMULAS**

Fórmula 1.....	15
Fórmula 2.....	16
Fórmula 3.....	16
Fórmula 4.....	16

## RESUMEN

Aunque la agricultura es una fuente considerable de emisiones de gases de efecto invernadero, puede mitigar estos impactos al capturar carbono atmosférico y convertirlo en carbono orgánico en el suelo (COS). En el caso del cultivo de pitahaya, común en climas tropicales secos, sus prácticas de control de malezas pueden influir en la calidad del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del manejo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus*) sobre la captura de COS. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) Factorial con 2 niveles de manejo del cultivo, diferenciados por el método de control de maleza (alternativo, con aplicación de tamo de arroz para la pitahaya amarilla, y tradicional para la roja). Asimismo, se consideraron 4 niveles de profundidad del suelo (0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm) y 2 ubicaciones (calle y planta) para la toma de muestras. Los resultados indicaron que el manejo alternativo de la pitahaya amarilla, condujo a una mayor acumulación de carbono orgánico debajo de la planta en comparación con el manejo tradicional de la pitahaya roja. Se observó una diferencia significativa en los niveles de humedad, siendo más alto en el manejo alternativo. Además, los niveles de concentración de carbono fueron más altos en la pitahaya amarilla, especialmente en la profundidad de 10-20 cm. En conclusión, el manejo del cultivo de pitahaya respecto a la aplicación de tamo de arroz se asocia con mayores niveles de humedad y acumulación de carbono. Y además se puede atribuir que la edad del cultivo también resulta un factor crucial en la captura de COS.

**Palabras clave:** calentamiento global, COS (carbono orgánico de suelo), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

## ABSTRACT

Although agriculture is a significant source of greenhouse gas emissions, it can mitigate these impacts by capturing atmospheric carbon and converting it into organic carbon in the soil (SOC). In the case of dragon fruit cultivation, common in dry tropical climates, its weed control practices can influence soil quality. The objective of this study was to evaluate the effect of dragon fruit (*Hylocereus*) cultivation management on SOC capture. A Completely Randomized Block Design (CRBD) Factorial was used with 2 levels of cultivation management, differentiated by the weed control method (alternative, with the application of rice husk for yellow dragon fruit, and traditional for red dragon fruit). Additionally, 4 soil depth levels (0-5, 5-10, 10-20, and 20-30 cm) and 2 locations (row and plant) were considered for sampling. The results indicated that the alternative management of yellow dragon fruit led to a greater accumulation of organic carbon beneath the plant compared to the traditional management of red dragon fruit. A significant difference was observed in moisture levels, being higher in the alternative management. Moreover, carbon concentration levels were higher in yellow dragon fruit, especially at a depth of 10-20 cm. In conclusion, the management of dragon fruit cultivation regarding the application of rice husk is associated with higher moisture levels and carbon accumulation. Additionally, it can be attributed that the age of the crop also proves to be a crucial factor in SOC capture.

**Keywords:** Global warming, COS (soil organic carbon), CO<sub>2</sub> (carbon dioxide)



# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

La contaminación del medio ambiente es un problema global que afecta a todos los seres vivos. Los gases de efecto invernadero son uno de los principales responsables del cambio climático y la agricultura es una de las actividades humanas que más contribuyen a la emisión de estos gases, sin embargo, también pueden ayudar a su mitigación a través de la captura del carbono atmosférico, en forma de carbono orgánico en el suelo (Docampo, 2014).

El carbono orgánico del suelo (COS) es el carbono que permanece en el suelo tras la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos. El COS, es el principal componente de la materia orgánica del suelo, fundamental para estabilizar la estructura del suelo, la retención y liberación de los nutrientes de las plantas, la infiltración de agua y el almacenamiento (Nahdia et al., 2021).

El manejo de los cultivos puede tener un impacto significativo en la captura de carbono orgánico del suelo. Las prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y el uso de abonos verdes, pueden aumentar la cantidad de carbono orgánico del suelo y mejorar la calidad del suelo. La agricultura de conservación también puede ayudar a reducir la erosión del suelo y mejorar la retención de agua (Barrales et al., 2021)

El carbono se puede encontrar de forma orgánica e inorgánica, tomando en cuenta que en suelos desnudos no se encuentra la misma concentración de carbono (Reyna y Vera, 2018). La concentración dependerá, además, de las condiciones ambientales locales, así como del manejo del mismo. Existen manejos o prácticas agronómicas que disminuyen el COS, como también, labores que favorecen a su acumulación (Martínez et al., 2008). América Latina es la segunda región que emite más gases a nivel mundial, debido a países como el Ecuador que no se aplican buenas prácticas agrícolas lo cual lleva a la degradación del suelo (Padilla y Haro, 2021).

Manabí contribuye con 12.34% al sector agrícola del Ecuador, los principales cultivos que se desarrollan son: café, cacao, plátano, maíz (INEC, 2021). En los

últimos 10 años se ha incrementado la superficie del cultivo de pitahaya en esta provincia. Se estima que este cultivo causa una afectación en el suelo debido al manejo de maleza y fitosanitario que conlleva a tener calles sin cobertura (Leul et al., 2023).

El cambio del uso del suelo se convierte entonces en una problemática actual, debido a que constituye uno de los factores involucrados con el calentamiento global, alterando ciclos como el del agua y el del carbono, así como afectando directamente las características físicas del suelo, que a futuro podrían influenciar las concentraciones de materia orgánica, compactación de suelo, presencia de costras, disminución de agua e incremento de aridez (Muñoz et al., 2009). La escasa información disponible sobre la captura del carbono orgánico de suelo en Manabí y relacionada a los cambios de uso del suelo y la producción de pitahaya lleva a formular la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el manejo del cultivo de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) contribuye a la captura de carbono orgánico en el suelo?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Las demandas agrícolas en todo el mundo han aumentado en los últimos años debido a nuestra creciente población, lo que ha generado muchos factores de estrés ambiental a nuestro planeta. Es importante que los productores de alimentos pongan su mirada en acciones para ayudar a mitigar estos factores, incluido la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. El carbono orgánico del suelo es un componente importante del ciclo del carbono y puede afectar la calidad del suelo y la producción agrícola. La agricultura puede contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero a través de la captura del carbono orgánico del suelo. El COS puede mejorar la calidad del suelo y aumentar la producción agrícola. Por lo tanto, es importante promover prácticas agrícolas sostenibles que fomenten la captura de carbono orgánico del suelo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el medio ambiente

Un estudio realizado por Reyna et al. (2018), en el valle del río Carrizal, se determinó que la mayor concentración de carbono se encuentra en cultivo de

gramíneas en suelo franco arcilloso, con una profundidad de 40 cm y con tendencia a disminuir dependiendo de la profundidad.

El cultivo de pitahaya en la zona del río Carrizal se está expandiendo, este cultivo tiene dentro de sus prácticas de manejo algunas que podrían afectar negativamente al suelo, tomando en cuenta que las calles tienen que estar sin ningún tipo de cobertura, lo cual ocasionaría erosión a mediano y largo plazo (Reyna et al., 2018). Tomada la importancia de la expansión del cultivo y su aporte a la economía local y nacional, se justifica la necesidad de determinar cómo los diferentes manejos del cultivo se relacionan con la captura y acumulación de carbono orgánico del suelo (Akinbode et al., 2022).

Esta investigación se vincula con los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030, con su objetivo número 13, determinado “Acción por el clima” con la finalidad de aplicar medidas que ayuden a combatir el cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales. Es por ello que es necesario evaluar el carbono orgánico en la provincia de Manabí, enfocándonos en el cultivo de pitahaya, tanto en las calles como en el espacio entre plantas y la profundidad del suelo para conocer cómo es la dinámica del carbono según su manejo y cultivo en la superficie. Tomando en cuenta el incremento de la superficie, es necesario evaluar el impacto ambiental de este cultivo (Organización de Naciones Unidas CEPAL, 2018).

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto del manejo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus*) sobre la captura de carbono orgánico del suelo en el valle del río Carrizal.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar física y químicamente del suelo en el cultivo de pitahaya amarilla y roja.
- Determinar los niveles de concentración y acumulación de carbono orgánico, en función del manejo del cultivo y la profundidad del suelo.
- Analizar los efectos del manejo del cultivo de pitahaya en la captura de carbono orgánico en el suelo.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

El manejo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*) afecta la captura de carbono orgánico en el suelo.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. PITAHAYA

La pitahaya es una fruta tropical de la familia de las cactáceas, que tiene dos variedades: pitahaya amarilla y pitahaya roja. Ambas tienen una cáscara con espinas suaves y una pulpa con semillas negras, pero se diferencian en el color, sabor y aroma. La pitahaya es una fruta con propiedades nutricionales y medicinales, tiene un gran potencial comercial e industrial (Vargas et al., 2020).

La altitud óptima para el cultivo de pitahaya oscila entre los 500 hasta los 1900 m, con el 70% y 80% de humedad relativa y 1200 a 2 500 mm/año, la temperatura requerida es de 18 a 25°C. El cultivo se puede adaptar a temperaturas superiores o inferiores, sin embargo, el rendimiento es menor. La pitahaya requiere de suelo textura franco- arcillosos a franco- arenosos, con altos contenidos de materia orgánica (<5), un pH: 5.3 a 7 y con buen drenaje, la luminosidad (Ruibérriz et al., 2020).

#### 2.1.1. CLASIFICACIÓN

De acuerdo a Llerena 2020 la pitahaya presenta la siguiente clasificación:

Tabla 2.1. Taxonomía de pitahaya amarilla

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsidata
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Género	Hylocereae (roja) Selenicereus (Amarilla)
Nombre Científico	<i>Hylocereus undatus</i> (Pitahaya roja)
Nombre Científico	<i>Selenicereus megalanthus</i> (Pitahaya amarilla)

Fuente: Llerena (2020)

#### 2.1.2. VARIEDADES

De acuerdo a Llerena 2020 la pitahaya presenta las siguientes variedades:

- **PITAHAYA AMARILLA**

La pitahaya amarilla es una fruta tropical originaria de América del Sur, que se cultiva principalmente en Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia. Tiene una cáscara de color amarillo con espinas suaves y una pulpa blanca con

semillas negras. Su sabor es dulce y ácido, y su aroma es intenso. La pitahaya amarilla tiene propiedades nutricionales y medicinales, y se puede consumir fresca o procesada en diversos productos (Alvaro et al., 2015).

- **PITAHAYA ROJA**

La pitahaya roja es una fruta exótica que ha ganado popularidad en los últimos años. La pitahaya roja de exportación es de cáscara roja, pulpa blanca y tiene propiedades medicinales y curativas (Ministerio de agricultura y ganadería, 2018). Aunque la pitahaya roja es una competencia emergente para la pitahaya amarilla, se sugiere que se debe diferenciar el producto por su sabor, color y propiedades (Bernal, 2021).

## **2.2. TIPOS DE MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA**

### **2.2.1. MANEJO TRADICIONAL: PRÁCTICAS COMUNES**

- **Labores culturales:** Las labores culturales incluyen la preparación del suelo, la siembra, el riego y la fertilización. En el manejo tradicional, se realizan labores de preparación del suelo como el arado o la roturación para aflojar la tierra y eliminar malas hierbas en una profundidad de aproximadamente 30-40 centímetros (Alvaro et al., 2015). La siembra se lleva a cabo siguiendo patrones y distancias específicas como entre plantas suele ser de 2 a 3 metros, mientras que la separación entre hileras puede ser de 3 a 4 metros entre las plantas (Reyes et al., 2019). El riego se realiza utilizando métodos tradicionales como el riego por gravedad, regando directamente en la base de las plantas. Dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo, se puede aplicar un riego de 10 a 20 litros de agua por planta cada 7 a 10 días. La fertilización se realiza principalmente con abonos orgánicos, como estiércol animal o compost, que aportan nutrientes al suelo y mejoran su estructura.
- **Control de plagas y enfermedades:** En el manejo tradicional, se utilizan tanto métodos tradicionales como químicos para controlar plagas y enfermedades. Los métodos tradicionales pueden incluir la eliminación manual de insectos o el uso de plantas repelentes. También se pueden utilizar preparados caseros a base de ingredientes naturales para

controlar plagas y enfermedades (Smith et al., 2019). Por otro lado, se pueden emplear productos químicos como insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades de manera más efectiva. Sin embargo, es importante tener en cuenta el impacto ambiental y la seguridad de los productos químicos utilizados .

- **Poda y tutorado:** La poda y el tutorado son prácticas importantes en el manejo de la pitahaya. La poda se realiza para eliminar ramas dañadas, promover el crecimiento equilibrado de la planta y mejorar la entrada de luz y aire. El tutorado se utiliza para guiar el crecimiento de la planta y evitar que las ramas se rompan debido al peso de los frutos. Estas prácticas contribuyen a un manejo adecuado de la planta, mejorando su estructura y permitiendo una adecuada circulación de aire y luz, lo que puede favorecer la producción y calidad de los frutos (Ruibérriz et al., 2020).
- **Cosecha y poscosecha:** La cosecha de la pitahaya se realiza cuando los frutos alcanzan su madurez. En el manejo tradicional, se suele realizar la cosecha manualmente, cortando los frutos con cuidado para evitar daños. Después de la cosecha, los frutos se manipulan con cuidado para evitar magulladuras y daños. En la poscosecha, se pueden realizar prácticas como la clasificación y el embalaje adecuado de los frutos para su comercialización. Un manejo adecuado en la cosecha y poscosecha contribuye a mantener la calidad de los frutos y prolongar su vida útil (Llerena, 2020).

### 2.2.2. MANEJO TECNIFICADO: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN

- **Riego tecnificado:** El manejo tecnificado del cultivo de pitahaya incluye el uso de sistemas de riego más eficientes, como el riego por goteo, la aspersión y el fertirriego. El riego por goteo proporciona agua directamente a las raíces de las plantas, reduciendo las pérdidas por evaporación y asegurando una distribución uniforme del agua (Reyes et al., 2019). La aspersión utiliza boquillas o aspersores para dispersar el agua sobre el cultivo, cubriendo una mayor área. El fertirriego combina la aplicación de agua y fertilizantes de manera simultánea, permitiendo una nutrición precisa y controlada de las plantas. Estos sistemas de riego

tecnificado optimizan el uso del agua y mejoran la eficiencia de riego, lo que se traduce en un mayor rendimiento y calidad de los frutos de pitahaya (Paz y Etcheveres, 2016).

- **Nutrición vegetal:** En el manejo tecnificado, se implementan estrategias de nutrición vegetal más precisas y basadas en análisis de suelos. Se realizan análisis químicos del suelo para determinar sus características y necesidades nutricionales específicas. Con base en estos análisis, se aplican fertilizantes de manera precisa, asegurando que las plantas reciban los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas. Esta fertilización precisa contribuye a maximizar el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como a mejorar la calidad y cantidad de los frutos de pitahaya. Además, se lleva a cabo un manejo de la fertilidad del suelo a largo plazo, mediante prácticas como la rotación de cultivos y la incorporación de materia orgánica, para mantener la salud y productividad del suelo a lo largo del tiempo (Bonilla, 2020).
- **Control de plagas y enfermedades:** En el manejo tecnificado, se implementa el Manejo Integrado de Plagas (MIP), que busca controlar las plagas y enfermedades de manera sostenible y minimizando el uso de productos químicos. Se promueve el uso de métodos de control biológico, mediante la introducción de organismos benéficos que actúan como depredadores o parasitoides de las plagas. Estas estrategias de control de plagas y enfermedades minimizan el impacto ambiental y mantienen la calidad y sanidad de los frutos de pitahaya (Llerena, 2020).
- **Uso de tecnologías de precisión:** El manejo tecnificado de la pitahaya incorpora el uso de tecnologías avanzadas, como sensores, drones y la agricultura inteligente. Los sensores permiten monitorear parámetros clave, como la humedad del suelo y la temperatura, proporcionando información en tiempo real para tomar decisiones de riego y fertilización. Los drones se utilizan para realizar mapeos y análisis de cultivos, detectando problemas de manera temprana y facilitando la toma de decisiones en el manejo del cultivo (Bernal, 2021). La agricultura inteligente hace uso de sistemas automatizados y software de gestión para optimizar las operaciones agrícolas, maximizando la eficiencia y reduciendo los costos. Estas tecnologías de precisión mejoran la



eficiencia en la producción de pitahaya, permitiendo un manejo más preciso y rentable del cultivo (Neubauer y Megonigal, 2015).

### **2.2.3. MANEJO ALTERNATIVO O AGROECOLÓGICO**

El manejo alternativo, consiste en una mezcla de procesos tradicionales como tecnificados, ya que se centra en la conservación y mejora del suelo como base fundamental para la sostenibilidad agrícola (Smith et al., 2019). Se implementan prácticas de conservación del suelo, como la siembra directa o mínima labranza, que reducen la erosión y la pérdida de nutrientes de la mano de la tecnología. Además, se utilizan abonos orgánicos, como el estiércol animal y los residuos vegetales, para mejorar la fertilidad del suelo de manera natural (Reyes et al., 2019).

En el manejo alternativo, se utilizan métodos de control de plagas y enfermedades que fomentan la biodiversidad y evitan el uso de productos químicos dañinos. Se implementa el uso de biocontroladores, como insectos benéficos y microorganismos, que actúan como depredadores o parásitos de las plagas (Alvaro et al., 2015). Estos biocontroladores ayudan a mantener el equilibrio natural en el agroecosistema y controlar las poblaciones de plagas de manera efectiva. Asimismo, se utilizan trampas y barreras físicas para prevenir la entrada de plagas en el cultivo. Estas prácticas de control de plagas y enfermedades en el manejo agroecológico se basan en métodos biológicos y ecológicos, minimizando el uso de pesticidas químicos (Bernal, 2021).

## **2.3. IMPORTANCIA DE LA PITAHAYA COMO CULTIVO COMERCIAL EN EL ECUADOR**

Esta fruta exótica se cultiva en zonas subtropicales, la calidad del clima es importante para determinar el óptimo nivel de la fruta, características que posee el Ecuador, generando una ventaja competitiva y diferenciadora (Verona et al., 2020). Actualmente ha generado un gran impacto para la economía ecuatoriana, ya que por su gran sabor es aceptado en el mercado nacional e internacional (Vela et al., 2012).

En la provincia de Manabí, la pitahaya se cultiva en 15 cantones diferentes. Hay un total de 64 lugares de producción, de los cuales 38 tienen certificación. De las

225 hectáreas que se monitorean para el cultivo de pitahaya, 105 están certificadas para exportación. Rocafuerte es el principal productor, con 90 hectáreas dedicadas a este cultivo. De estas, 50 hectáreas son proporcionadas por El Okaso (Diario Expreso, 2019).

## **2.4. LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

La agricultura es un sector muy vulnerable al cambio climático debido a que es muy sensible ante los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los cambios en el clima pueden afectar la cantidad y calidad de los cultivos, lo que puede tener consecuencias económicas y sociales (Jacobs y Quack, 2018). La estabilización del carbono en el suelo depende de una serie de factores bióticos, abióticos y de gestión que lo pueden determinar (Basurto y Montesdeoca, 2022).

La caracterización física y química de los suelos es fundamental en el estudio de las interacciones entre la agricultura y el cambio climático. Según Smith et al. (2020), para entender la dinámica del carbono en el suelo, es necesario tener un conocimiento profundo de las propiedades intrínsecas de los suelos. Estas propiedades son en gran medida responsables de la capacidad de los suelos para acumular y retener carbono (Neubauer y Megonigal, 2015).

Un indicador físico clave es la textura del suelo. Los contenidos de arena, limo y arcilla determinan tanto la capacidad de retención de agua como de diferentes compuestos orgánicos (Barré et al., 2017). Los suelos con texturas finas y altos contenidos de arcilla favorecen la protección física de la materia orgánica, lo que aumenta su residencia media en el perfil del suelo (Montoya, 2019)

## **2.5. CARBONO**

El carbono es un elemento químico con símbolo C y número atómico 6. Es un no metal y tetravalente, lo que significa que tiene cuatro electrones disponibles para formar enlaces químicos covalentes (Ondarse, 2021). El carbono es uno de los elementos más importantes para la vida en la Tierra, ya que es el componente básico de los compuestos orgánicos como los carbohidratos, las proteínas y los lípidos (Maldonado, 2021).

Dado que el carbono es tan importante en el planeta, suele abundar en regiones subterráneas donde la presión y la temperatura le permiten acomodarse en diversas estructuras. Además, el carbono tiene la capacidad de formar cuerdas prácticamente infinitas de los átomos y es conductor de electricidad

### **2.5.1. CICLO DEL CARBONO**

El ciclo del carbono es el proceso por el cual el carbono se mueve entre la atmósfera, la tierra y los océanos. Se conoce como ciclo del carbono a la retroalimentación existente entre los organismos vegetales, animales y descomponedores (Reyes et al., 2018). La respiración animal y la descomposición de ciertos hongos liberan cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. El proceso de la fotosíntesis y la descomposición de materia orgánica que se produce en la naturaleza. El CO<sub>2</sub> es aprovechado por la fotosíntesis de las plantas, cuyo producto inmediato es el oxígeno y nueva materia orgánica (frutos, hojas, cortezas, animales muertos) que luego se descompone. Y el ciclo empieza de nuevo, sosteniendo la vida en su girar (Ondarse, 2021).

### **2.6. CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO (COS)**

COS, conforma una parte del ciclo del carbono, el cual implica a través del suelo, vegetación, océano y atmósfera. Posteriormente es clave para lograr una alta calidad de los suelos, por sus diversos beneficios que permiten mejorar y por lo cual, disminuye la erosión eólica e hídrica y pasa hacer fuente de nutrientes en los cultivos, siempre y cuando se apliquen las adecuadas prácticas de manejo (Verona et al., 2020).

Se cuantifica que el almacenamiento de COS en el suelo es de 1 500 PgC por metro de suelo, esto se da por la mezcla de materiales orgánicos, dando como resultado una biogeoquímica de residuos vegetales y la descomposición microbiana, estos se asocian con minerales que ya se encuentran en el suelo permitiendo la persistencia del carbono orgánico del suelo, durante décadas o incluso milenios (Lefèvre et al., 2017).

#### **2.6.1. SECUESTRO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO**

Consiste en la remoción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera y su almacenamiento en sumideros ecológicos, por ejemplo, la materia orgánica en el suelo, en este caso

se da relevancia a la fijación del carbono a través de las plantas y residuos orgánicos (Paz y Etchevers, 2016). Físicamente, el carbono se estabiliza por su aislamiento, dentro de los micro y macro agregados del suelo, donde es inaccesible a los organismos del suelo, ya que químicamente el carbono se puede absorber fuertemente, a las arcillas por enlaces químicos que evitan el consumo de carbono, por los organismos (Nahdia et al., 2021).

En cambio, bioquímicamente el carbono se puede sintetizar, en estructuras complejas de moléculas que pueden prevenir la descomposición. Los tres mecanismos dependen de una serie de factores bióticos, abióticos y de manejo que determinan la efectividad, de la estabilización de carbono del suelo. Esto mejora la estructura del mismo, aumentando su capacidad de infiltración y retención de agua (Nimo et al., 2021).

## **2.7. CONCENTRACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO**

El contenido de carbono en un suelo depende de las características y del equilibrio entre la tasa de entrada de carbono orgánico. La capacidad de los suelos que tiene en el desarrollo de los cultivos, al proporcionar las cantidades necesarias de nutrientes depende de varios factores, siendo la materia orgánica más importante, esta proporciona nutrientes como: nitrógeno, fósforo, azufre, boro, zinc y muchos más. Esto conlleva a la mejora de la estructura del suelo y minimiza los cambios rápidos de acidez, alcalinidad y salinidad (Guamán, 2018).

Por otra parte, la cantidad total potencial de carbono que un suelo podría contener depende de factores tales como el contenido de arcilla, la profundidad y densidad del suelo y la vegetación que soporta. Sin embargo, no toda la materia orgánica que ingresa es igual y por tanto varían los niveles de descomposición de la misma. Por ejemplo, los residuos de frutas, verduras y restos vegetales frescos se degradan fácilmente pues contienen mayormente carbohidratos. Por el contrario, las hojas secas, tallos, cortezas y ramas se descomponen más lentamente debido a que contienen altas proporciones de lignina, celulosa y hemicelulosa (Docampo, 2014).

## **2.8. INFLUENCIA DEL MANEJO DE LOS CULTIVOS DE PITAHAYA EN LA ACUMULACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO**

En el contexto del estudio de diversos expertos en el cultivo de pitahayas, se han identificado factores clave que influyen directamente en la acumulación de carbono en el suelo. Estas conclusiones proporcionan una sólida base para desarrollar estrategias de manejo que favorezcan la captación de carbono orgánico.

En primer lugar, se destacan los hallazgos en el ámbito del mejoramiento genético. Los investigadores señalan la importancia de buscar variedades de pitahaya con características específicas, como una mayor capacidad de retención de humedad y estabilidad en el suelo. Estas variedades no solo mejoran la productividad de la planta, sino que también favorecen la formación de humus, contribuyendo así a la acumulación de carbono.

Otro factor relevante destacado por estos expertos es el efecto de la radiación solar y el sombreado. Según sus observaciones, un nivel de sombreado del 35% puede no solo incrementar la productividad de la pitahaya, sino también reducir la evaporación y la erosión del suelo. Esta disminución de la erosión permite una mayor retención de materia orgánica, siendo un punto crucial para la acumulación de carbono en el suelo.

En el ámbito de la fertilización, los estudios indican que la utilización de abonos orgánicos y minerales equilibrados, combinada con un monitoreo regular del suelo para determinar los nutrientes necesarios, promueve la salud general de las plantas y fomenta la acumulación de materia orgánica, un componente esencial del carbono orgánico. Los investigadores también resaltan la relevancia de incorporar leguminosas de cubierta como parte del manejo integrado de malezas. Estas leguminosas no solo reducen la competencia de las malezas, sino que también aportan nitrógeno y otros nutrientes al suelo, contribuyendo significativamente a la acumulación de materia orgánica y, por ende, de carbono.

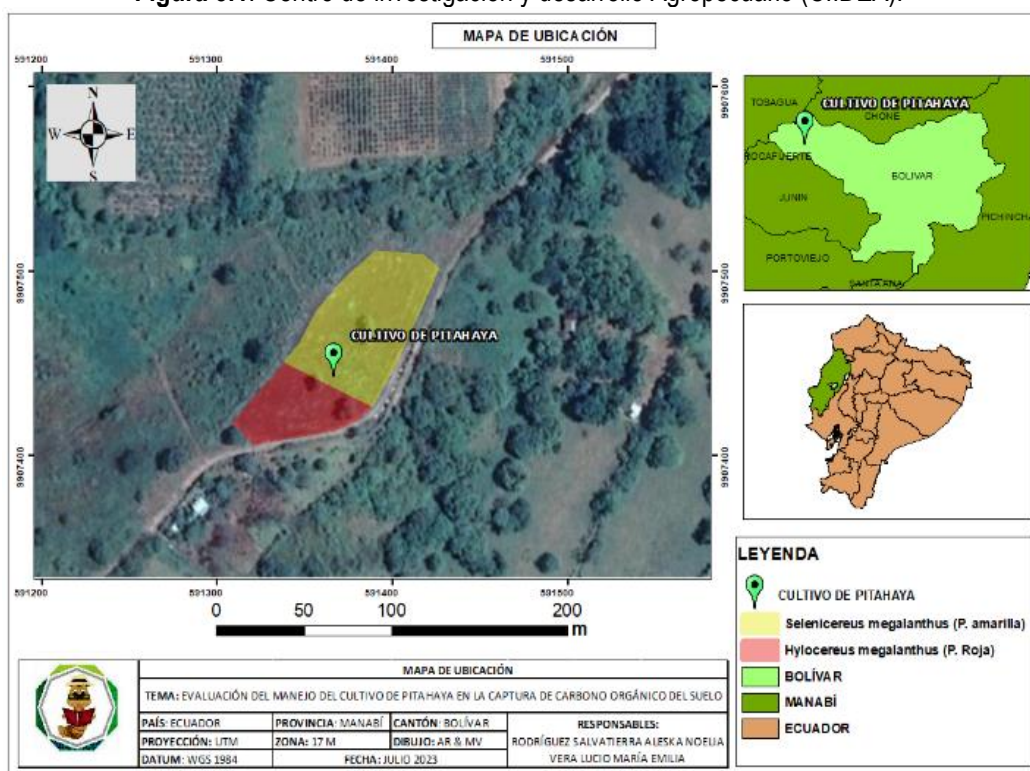
Finalmente, en el ámbito de la biología del suelo, se enfatiza la importancia de establecer condiciones óptimas para la vida microbiológica del suelo. Mantener un pH adecuado, garantizar una adecuada oxigenación y humedad favorecen los procesos naturales de descomposición y acumulación de carbono en el suelo.

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la Ciudad de Investigación e Innovación y Desarrollo Agro productivo (CIIDEA) y en el laboratorio de agua, suelo y planta de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM MFL), perteneciente al sector Limón, cantón Bolívar, situado geográficamente en la coordenada de latitud sur 0° 49’ 27” y longitud oeste 80° 10’ 47,2”.

Figura 3.1. Centro de investigación y desarrollo Agropecuario (CIIDEA).



#### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Tabla 3.1. Datos climáticos datos

Precipitación anual	946 mm
Temperatura máxima	30.7 °C
Temperatura mínima	18.4 °C
Humedad relativa	82.50%
Heliofanía	1008.8 h/sol/año

Fuente. Estación meteorológica de la ESPAM MFL (2022)

## **3.2. DURACIÓN**

La investigación tuvo una duración de 20 semanas, desde octubre 2022 hasta abril 2023, posterior la aprobación de la planificación y por ende la ejecución del trabajo de Integración Curricular.

## **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de estudio llevado a cabo para la investigación "Evaluación del Manejo del Cultivo de Pitahaya en la Captura de Carbono Orgánico del Suelo" fue de carácter experimental. En esta modalidad, se diseñó un protocolo detallado para realizar intervenciones en el campo (sitio de estudio) y el análisis en laboratorio con el objetivo de analizar y evaluar cómo el manejo del cultivo de pitahaya afecta directamente la captura de carbono orgánico en el suelo.

## **3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

### **3.4.1. MÉTODOS**

#### **3.4.1.1. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

El método bibliográfico fue crucial en la investigación, se realizó una revisión exhaustiva de estudios previos relacionados con el cultivo de pitahaya, prácticas agronómicas y procesos de captura de carbono en el suelo. Esta revisión proporcionó un marco teórico, la identificación de factores clave y el diseño de la metodología experimental. En síntesis, el método bibliográfico fue crucial para respaldar, contextualizar y mejorar la validez de la investigación.

#### **3.4.1.2. MÉTODO ANALÍTICO – SINTÉTICO**

Según la metodología de Fulurija et al. (2019) se empleó el método analítico para descomponer y examinar detalladamente las variables relacionadas con el cultivo y la captura de carbono. A través de análisis de suelos, se evaluaron las concentraciones específicas de carbono orgánico en distintas condiciones de manejo de la pitahaya. Por otro lado, el método sintético permitió integrar estos resultados, identificar patrones y establecer relaciones causales entre las prácticas agronómicas y la acumulación de carbono. Esta combinación de métodos analíticos y sintéticos facilitó una comprensión más profunda y holística del impacto del manejo del cultivo en la captura de carbono orgánico del suelo.

### 3.4.2. TÉCNICAS

#### 2.4.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

La observación directa que se empleó como técnica según la metodología de los hermanos Pandey (2015) se implementó la técnica de observación directa para obtener datos detallados y contextualizados. Se llevó a cabo un monitoreo constante de las parcelas de cultivo, permitiendo la identificación y registro directo de cualquier cambio observable en las condiciones del suelo en respuesta a las prácticas de manejo de la pitahaya. Esta técnica permitió la captura inmediata de información relevante, como variaciones en la textura del suelo, presencia de materia orgánica y signos visibles de erosión.

### 3.5. FACTOR DE ESTUDIO

**Factor A:** Profundidad

**Factor B:** Manejo del cultivo de pitahaya en el control de maleza

**Factor C:** Ubicación de la toma de muestra

### 3.6. NIVELES DE ESTUDIO

Tabla 3.1. Niveles por factores de estudio.

Factores	Niveles	
Profundidad (A)	A1	0-5 cm
	A2	5-10 cm
	A3	10-20 cm
	A4	20-30 cm
Manejo (B)	B1	Tradicional
	B2	Alternativo
Ubicación (C)	C1	Calle
	C2	Planta

\* Se distribuyó cada nivel en tratamientos según su tipo de manejo el cual consistió en el control de maleza alternativo en la pitahaya amarilla y el tradicional en la pitahaya roja.

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) Factorial con 2 niveles de manejo del cultivo (alternativo y tradicional), 4 niveles de profundidad del suelo (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) y 2 ubicaciones distintas (calle y planta) para la toma de muestras, distribuidas de manera aleatoria en el diseño. Se tomaron un total de 90 mini calicatas en los lotes de pitahaya, distribuidas en bloques completos al azar. Para cada tipo de pitahaya, se tomaron 40 mini calicatas para la amarilla y 50 para la roja, con 5 repeticiones por nivel de



profundidad en cada tipo de pitahaya, lo que resultó en un diseño equilibrado y robusto.

### 3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental en este estudio consiste en una mini calicata realizada en un lote de pitahaya, donde se extrae una muestra de suelo de 1 kg a una profundidad específica, que puede ser de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm o 20-30 cm. Cada mini calicata se ubica en una posición determinada dentro del lote, ya sea debajo de la planta de pitahaya o en la calle entre las plantas. Los bloques en este diseño se consideran como una unidad experimental independiente en el análisis estadístico y representan combinaciones específicas de tipo de pitahaya y profundidad del suelo.

### 3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Basándose en Morris et al. (2019), se aplicó el método estadístico de manera exhaustiva mediante el uso de Infostat versión 2018. Antes de realizar análisis de varianza (ANOVA) para comparar las distintas condiciones de manejo, se llevó a cabo la verificación de supuestos, como la normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se aplicaron pruebas de Tukey al 5% de significancia para identificar diferencias significativas entre las medias de las variables evaluadas. Este enfoque permitió no solo establecer la existencia de efectos significativos en la captura de carbono debido a las prácticas de manejo, sino también discernir entre qué condiciones específicas generaban diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 3.2. ANOVA

Fuentes de variación	Grado de libertad
Profundidad (A)	3
Ubicación (C)	1
Manejo (B)	1
A*B*C	3
Error	351
Total	359

### **3.10. VARIABLES DE ESTUDIOS**

#### **3.10.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Manejo del Cultivo de Pitahaya.

#### **3.10.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Captura de Carbono Orgánico del Suelo.

### **3.11. MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA**

El manejo del cultivo de pitahaya amarilla y pitahaya roja fue similar en muchos aspectos, diferenciándose principalmente en el control de maleza utilizado en cada uno de los lotes.

#### **Siembra:**

- Pitahaya amarilla: Sembrada en marzo del 2020.
- Pitahaya roja: Sembrada en febrero del 2021, 11 meses después que la pitahaya amarilla.
- Distancia entre plantas: 3 metros.
- Distancia entre hileras: 4 metros.
- Tutor: Hormigón de 2 metros de longitud, enterrado a 70 cm de profundidad, con 1.30 metros de longitud efectiva. Dos plantas por poste, entrelazadas en un arco de llanta en la parte superior.

#### **Control de maleza:**

- Pitahaya amarilla: Se aplicó una cama de tamo de arroz en todo el lote.
- Pitahaya roja: Se aplicó tamo de arroz debajo de la planta, dejando las calles desnudas.

#### **Otros aspectos comunes:**

- Control fitosanitario basado en el umbral económico de plagas.
- Desinfección de herramientas con alcohol para evitar contaminación.

- Poda para eliminar brotes no deseados y reducir la longitud de los brotes productivos.
- Riego mediante sistema localizado, una vez por semana, durante 10 minutos.
- Fertilización edáfica comenzó 45 días después de la siembra, utilizando un fertilizante prillado con 12% de nitrógeno (N), 11% de fósforo (P), 18% de potasio (K), y micronutrientes. Se incorporó un bioestimulante de la industria azucarera, el tamo de arroz, aplicado cada ocho días en el lote de pitahayas amarillas durante 11 meses hasta la fructificación.

## **FASE 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA Y ROJA.**

### **Actividad 1. Realización de calicata**

Se excavó una calicata de 1.50 m de profundidad x 1 m de ancho y 2 m de largo para caracterizar física y químicamente el suelo del estudio. Esta acción permitió analizar horizontes, texturas, estructuras, pH, conductividad, entre otros, esenciales para comprender la capacidad de uso del suelo. La excavación proporcionó datos precisos para tomar decisiones en el manejo agrícola, contribuyendo a prácticas más efectivas y sostenibles.

### **Actividad 2. Análisis físicos y químicos del suelo**

Se realizaron análisis para determinar propiedades físicas y químicas del suelo.

- Determinación de color de horizontes: Utilización de la tabla de Munsell (FAO, 2009).
- Determinación de textura: Método del tacto.
- Determinación de estructura: Definido por el manual de la ESPAM MFL (Vera, 2017).
- Determinación de consistencia: Observación de muestras húmedas.
- Evaluación de raíces: Determinación visual de la morfología de las raíces.
- Observación de actividad biológica: Establecimiento de la presencia de lombrices por observación de perfiles.

- Medición de pH: Utilización de un conductímetro marca OAKLON (Ruibérriz et al., 2012).
- Medición de conductividad: Obtención de muestras cilíndricas para medir conductividad en microsiemens por centímetro (us/m).
- Determinación de densidad aparente: Realizado mediante el método de cilindros en el campo.
- Determinación de densidad real: Realizado mediante el método de cilindros en el campo.
- Determinación de humedad del suelo: Utilización de la balanza de infrarrojos (Gusli et al., 2020) utilizando la Fórmula 1.

$$D_a = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del cilindro}} \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \quad [ 1 ]$$

Esta fase se enfocó en obtener información detallada sobre las características físicas y químicas del suelo del objeto de estudio, utilizando una variedad de métodos y técnicas especializadas para su análisis.

## **FASE 2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO, EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO Y LA PROFUNDIDAD DEL SUELO**

### **Actividad 3. Recolecta de muestras de suelo**

Se realizaron 90 mini calicatas en los lotes de pitahaya amarilla y roja, distribuidas de la siguiente manera: para pitahaya amarilla, se tomaron 40 mini calicatas (20 debajo de la planta y 20 en la calle), mientras que, para pitahaya roja, se obtuvieron 50 mini calicatas (25 debajo de la planta y 25 en la calle), se extrajo 1 kg de suelo de cada área para las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm.

### **Actividad 4. Análisis físicos y químicos del suelo respecto al COS**

En el laboratorio, se realizó el análisis físico y químico del suelo. Se determinó la concentración de carbono orgánico utilizando el método de Walkley y Black (FAO, 2019). Se midieron las variables de peso, humedad, materia orgánica, concentración y acumulación de carbono orgánico en el suelo.

Para ello, se pesó 1.0 g de suelo al aire en un Erlenmeyer de 500 ml, al cual se añadieron 10 ml de dicromato de potasio (0.167 M) y se agitó ligeramente para mezclar con el suelo. Posteriormente, se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico y se agitó nuevamente durante un minuto. El Erlenmeyer se colocó sobre una lámina aislante durante 30 min en una campana de extracción.

Después de los 30 minutos, se añadieron 200 ml de agua destilada y tres gotas de indicador ortofenantrolina. Se tituló con sulfato de hierro (0.5 M) hasta que el color cambiara de verde a rojo marrón. Se registró el consumo de sulfato de hierro y se aplicó la fórmula 2 propuesta por la Red Mundial de Laboratorio de Suelo (FAO, 2019) para determinar la concentración de carbono orgánico.

$$C_{orgánico}, \% = \frac{(V_{blanco} - V_{muestra}) \times M_{Fe^{2+}} \times 0.003 \times 100 \times f * mcf}{w} \quad [2]$$

Donde:

$V_{blanco}$ : Volumen de titulante utilizado en el blanco, ml

$V_{muestra}$ : Volumen de titulante utilizado en la muestra, ml

$M_{Fe^{2+}}$ : Concentración de solución estandarizada de  $FeSO_4$ , molaridad

0,003: Carbono oxidado

f: Factor de corrección, 1.3

mcf: Factor de corrección por la humedad

W: Peso de suelo, g

Para la obtención de la acumulación del carbono orgánico por cada profundidad se aplicó la fórmula (Salazar, 2019). **Fórmula 3.**

$$SOC (Kg m^2) = OC \times BD \times LT \times 10^{-2} \quad [3]$$

Donde:

OC: Concentración de carbono orgánico de la fracción fina del suelo < 2mm g/kg

BD: es la densidad aparente del suelo

LT: es el espesor de la capa del suelo cm

Para la determinación de la materia orgánica se realizó el siguiente cálculo (Izquierdo y Arévalo, 2021). **Fórmula 4.**

$$\% \text{ materia orgánica} = \frac{\% \text{ Carbono orgánico}}{1,72} \quad [4]$$

**Actividad 5.** Se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos para determinar la los niveles de concentración y acumulación de carbono orgánico, en función del manejo del cultivo y la profundidad del suelo.

### **FASE 3. ANÁLISIS LOS EFECTOS DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

**Actividad 6.** Se documentó y presentó los resultados de manera clara y concisa, incluyendo interpretaciones de los hallazgos y discusiones sobre la relevancia de los resultados, así como posibles implicaciones dependiendo la ubicación de la toma de muestras sobre el efecto en la captura de carbono orgánico en el suelo cultivado por pitahaya.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA Y ROJA

En la caracterización física y química de los suelos en el cultivo de pitahaya, se obtuvieron tres horizontes: A, AB y B.

El horizonte A presentó una longitud de 35 cm, de color café oscuro (tabla de Munsell), en cuanto a la textura, se encuentra distribuida en 28% arcilla, limo 35.2% y arena 36%, denominado franco arcilloso con estructura de un bloque subangular. Su consistencia es compacta y tiene una actividad biológica poco notable, la presencia de raíces fue poca, denominada raicillas por lo que eran muy finas. La densidad aparente fue de  $1.37 \text{ gr/cm}^3$  y la densidad real de  $2.38 \text{ gr/cm}^3$ ; su pH 7.08 y una conductividad de  $1.06 \mu\text{s/cm}$ . (Figura 4.1).

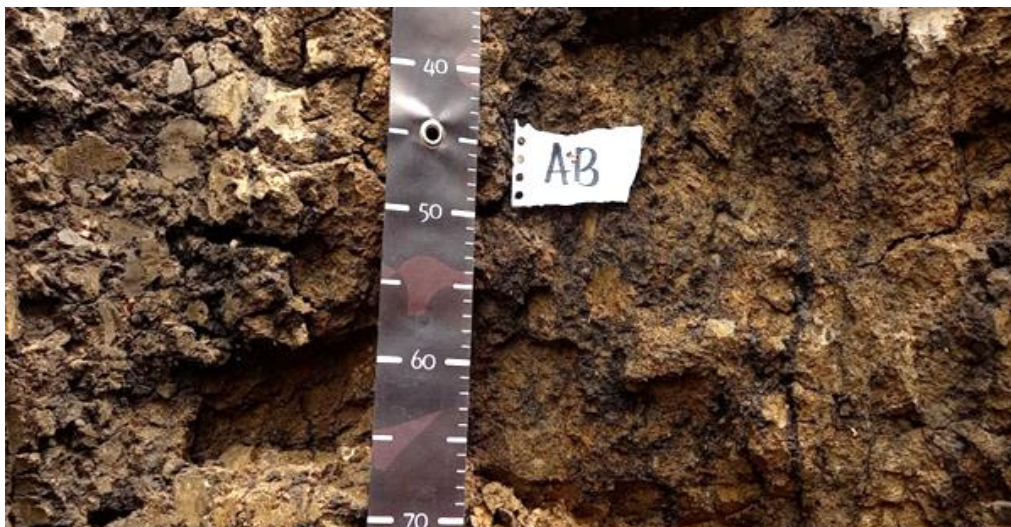
Figura 4.1. Perfil del suelo Horizonte A



Fuente: Autoras

En el horizonte AB se presentó una longitud de 35 cm, de color café amarillento oscuro (tabla Munsell), su textura se encuentra distribuida en 4% arcilla, 65.6% limo y 30.4% arena, denominado franco limoso, con una estructura de un bloque subangular. Su consistencia es semicompacta y tiene una actividad biológica poco notable, la presencia de raíces se denominó raicillas, densidad aparente de  $1.31 \text{ gr/cm}^3$ ; con una densidad real de  $2.64 \text{ gr/cm}^3$ ; su pH 7.5 y una conductividad de  $2.38 \mu\text{s/cm}$ . (Figura 4.2.).

**Figura 4.2.** Perfil del suelo Horizonte AB



**Fuente:** Autoras

El horizonte B presentó una longitud de 35 cm, de color café (tabla de Munsell), en cuanto a la textura, se encuentra distribuida en 24.8% arcilla, 20% limo y 55.2% arena, denominado franco arenoso arcilloso con estructura de un bloque prismático diferente al perfil A y AB. Su consistencia es semicompacta y no presenta actividad biológica. En este estudio no se vio la presencia de raíces, la densidad aparente fue de 1.39 gr/cm<sup>3</sup>; con una densidad real de 2.51 gr/cm<sup>3</sup>; su pH 7.60 y una conductividad de 1.30  $\mu$ s/cm (Figura 4.3).

**Figura 4.3.** Perfil del suelo Horizonte B



**Fuente:** Autoras

Los datos obtenidos en la caracterización de suelo de la investigación concuerdan con el estudio realizado por Vera, et al. (2017), en donde determinan



que en los suelos de la zona del Carrizal Chone se presentan suelos con características de limo y franco limoso, de esta manera se comprueba la misma característica en los suelos de CIIDEA en la zona de estudio. Se observó la comparación, en el horizonte A de la presencia de arcilla con un 28.8% en la zona de estudio en comparación con el territorio estudiado que fue de 31.6% de arcilla, la cual, se vio un incremento de porcentajes diferentes.

De acuerdo al estudio de Vera, et al. (2017), en la zona del Carrizal Chone se encuentran suelos con pH entre 7.8 y 8, lo cual es un rango superior a los encontrados en los tres horizontes de la zona de estudio; es probable que esto se deba por la descomposición de la materia orgánica suministrada en el tamo de arroz, notándose que el pH más bajo está en el horizonte A. Esto se da, con la recopilación de la toma de muestras que se realizó en la calicata general de los 3 horizontes y se concluyó con esta respuesta, que el pH más bajo fue encontrado en el horizonte A en la zona de estudio en CIIDEA.

La incorporación de tamo de arroz en el suelo puede disminuir el pH del suelo debido a la liberación de ácidos orgánicos durante el proceso de descomposición del tamo de arroz. Esto puede tener un efecto beneficioso en algunos cultivos que prefieren un suelo más ácido, pero puede ser perjudicial para otros cultivos que requieren un pH más neutro (Bonilla, 2020).

Tabla 4.1. Caracterización física y química del suelo

Horizonte	Profundidad (cm)	Color t Seco	Textura			Estructura	Consistencia	Presencia de raíces	Actividad biológica	Ph (%)	Conductividad ( $\mu\text{s/cm}$ )	Densidad aparente ( $\text{gr/cm}^3$ )	Densidad real ( $\text{gr/cm}^3$ )
			Arcilla %	Limo %	Arena %								
A	0-35	10 YR 2/2 Café muy oscuro	28.80	35.20	36.00	Bloque Subangular	Compacto	Raicillas	Notable	7.08	1.06	1.37	2.38
AB	35-70	10 YR 4/4 Café amarillento oscuro	4.00	65.60	30.40	Bloque subangular	Semi-compacto	Raicillas	Notable	7.50	2.38	1.31	2.64
B	70-150	10 gr 5/3 Café	24.80	20.00	55.20	Bloque prismático	Semi-compacto	Sin presencia	Sin presencia	7.60	1.30	1.39	2.51

Observaciones: Se observó manchas blancas en el horizonte AB y B con reacción HCl.

† = Colores determinados de acuerdo a la tabla de Munsell. Estructura= Definido por el manual de la ESPAM.  $\tau$ = Consistencia se mide por muestras húmedas. **Morfología de raíces**= Se determina visualmente la presencia de raíz.  $\mu\text{h}$ = Presencia de lombrices se determina mediante la observación de los perfiles por sus lombrices.  $\mu$ = Ph identificado por el conductímetro. Conductividad ( $\mu\text{s/cm}$ ) = Se determina mediante muestras cilíndricas. Densidad aparente ( $\text{gr/cm}^3$ ) = Densidad del suelo por el método de los cilindros en el campo. Densidad real ( $\text{gr/cm}^3$ ) = En el laboratorio por el método de laprobeta.

## 4.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO, EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO Y LA PROFUNDIDAD DEL SUELO

Los resultados de humedad, presentados en la tabla 4.2, muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los manejos de pitahayas. El manejo alternativo, representado por la pitahaya amarilla, exhibe un mayor porcentaje de humedad con un 7.72%, mientras que el manejo tradicional, representado por la pitahaya roja, muestra un 6.56% de humedad.

Esta diferencia en los niveles de humedad sugiere que el manejo alternativo podría estar favoreciendo condiciones más húmedas en comparación con el manejo tradicional. Este resultado es relevante, ya que la humedad del suelo puede tener un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en la eficiencia de los sistemas de manejo.

**Tabla 4.2.** Porcentaje de humedad entre la variedad de pitahayas

Manejo	% Humedad	
Alternativo	7.72	a
Tradicional	6.56	b

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

Los análisis de porcentaje de humedad presentados en la tabla 4.3, determinan que no existe una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en la variedad de pitahaya amarilla, independientemente de la ubicación de toma de muestra en la que se encuentre.

**Tabla 4.3.** Porcentaje de Humedad de la pitahaya amarilla (n=20)

Profundidad	Ubicación	% Humedad	
0-5	Planta	7.55	a
0-5	Calle	7.59	a
5-10	Planta	7.71	a
5-10	Calle	7.77	a
10-20	Planta	7.82	a
10-20	Calle	7.78	a
20-30	Planta	7.59	a
20-30	Calle	7.92	a

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

En la tabla 4.4, se observa una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de humedad de la pitahaya roja en función de su ubicación. El mayor porcentaje de

humedad se registra debajo de la planta, alcanzando un 7.11% a una profundidad de 20-30 cm. En contraste, el menor porcentaje de humedad se encuentra en la calle, con un 5.98% a una profundidad de 0-5 cm. Este hallazgo resalta la importancia de considerar la ubicación específica al evaluar los niveles de humedad del suelo, lo que puede ser relevante para el manejo adecuado del riego y el crecimiento óptimo de la pitahaya roja.

**Tabla 4.4.** Porcentaje de humedad de la pitahaya roja (n=25)

Profundidad	Ubicación	% Humedad	
0-5	Planta	6.67	abc
0-5	Calle	5.98	d
5-10	Planta	6.78	abc
5-10	Calle	6.43	bcd
10-20	Planta	6.84	ab
10-20	Calle	6.26	cd
20-30	Planta	7.11	a
20-30	Calle	6.43	bcd

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

Los resultados obtenidos sugieren que la aplicación del tamo de arroz puede ser responsable de las diferencias observadas. En el caso del lote de pitahaya amarilla, se aplicó al 100%, mientras que en el lote de pitahaya roja no se colocó. Según Neubauer y Megonigal (2015) la incorporación de tamo de arroz en el suelo puede mejorar la retención de humedad, ya que es un tipo de residuo agrícola que actúa como enmienda orgánica, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Por otra parte, respecto a los niveles de concentración de carbono en el suelo se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en función del manejo del cultivo y la profundidad del suelo, como se muestra en la Tabla 4.5. El lote de pitahaya amarilla exhibió las concentraciones más altas, alcanzando un 1.57%, en comparación con la pitahaya roja, que registró un 1.29%. En cuanto a la ubicación con la mayor concentración de carbono orgánico del suelo (COS), esta se encontró debajo de la planta, con un 1.56%, en los primeros 10 cm de profundidad del suelo.

**Tabla 4.5.** Concentración de carbono orgánico de suelo

Concentración de C.O.%								
Manejo	Ubicación		Profundidad					
Alternativo	1.57	a	Calle	1.30	b	0-5	1.77	a
Tradicional	1.29	b	Planta	1.56	a	5-10	1.60	a
						10-20	1.30	b
						20-30	1.04	c

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

Estos resultados pueden explicarse por la diferencia en la edad de los cultivos, que según los datos proporcionados es de 11 meses. Los cultivos más antiguos tienen más tiempo para contribuir a la acumulación de carbono orgánico del suelo (COS) a través de procesos como la descomposición de la materia orgánica y la actividad de las raíces. En el caso de la pitahaya amarilla, que muestra una mayor concentración de COS, es posible que el mayor tiempo de crecimiento haya permitido una mayor acumulación de materia orgánica en el suelo, lo que se refleja en una mayor concentración de COS. Por otro lado, la pitahaya roja, con una menor concentración de COS, puede haber tenido un período de crecimiento más corto, lo que limitó la acumulación de materia orgánica y, por lo tanto, la concentración de carbono orgánico del suelo (Martínez et al., 2008).

Los resultados de la acumulación de carbono orgánico del suelo (COS) por sección del perfil en el lote de pitahaya amarilla, manejada de manera alternativa, revelan diferencias significativas entre las distintas ubicaciones y profundidades, como se muestra en la Tabla 4.6. Se observa que la mayor acumulación de COS se encontró en la profundidad de 10-20 cm, tanto debajo de la planta como en la calle. Además, se destaca que los niveles de acumulación en las profundidades de 0-5 cm y 20-30 cm en la calle son estadísticamente iguales a los niveles en la profundidad de 20-30 cm debajo de la planta.

**Tabla 4.6.** Acumulación en kg/m<sup>2</sup> de COS en la pitahaya amarilla

Ubicación	Profundidad	Medias	
Planta	10-20	17.63	a
Calle	10-20	17.13	a
Calle	0-5	13.87	a b
Calle	20-30	13.26	a b
Planta	20-30	13.15	a b
Calle	5-10	11.69	b
Planta	5-10	10.88	b
Planta	0-5	10.28	b

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

En el lote de pitahaya roja, que fue manejado de manera tradicional, se observa una diferencia significativa en la acumulación de carbono orgánico del suelo (COS) entre las diferentes ubicaciones. En la ubicación debajo de la planta, se acumularon 14.8 kg/m<sup>2</sup> de COS a una profundidad de 10-20 cm, mientras que en la ubicación "calle" se registró la menor acumulación, con 7.89 kg/m<sup>2</sup> a una profundidad de 5-10 cm (Tabla 4.7). También es importante destacar que existe una diferencia significativa en la acumulación de COS entre las variedades de pitahayas; la pitahaya amarilla acumuló 1.35 kg/m<sup>2</sup>, frente a la pitahaya roja que registró 1.12 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 4.7.** Acumulación en kg/m<sup>2</sup> de COS en el lote de pitahaya roja.

Ubicación	Profundidad	Medias	
Calle	0-5	10.18	a b c
Calle	5-10	7.89	c
Calle	10-20	12.59	a b c
Calle	20-30	9.32	b c
Planta	0-5	11.35	a b c
Planta	5-10	9.83	b c
Planta	10-20	14.8	a
Planta	20-30	13.27	a b

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

Estos resultados respaldan la influencia del manejo del suelo en la acumulación de carbono orgánico. Encontrar una diferencia significativa en este aspecto es consistente con un estudio previo realizado por Otero (2021) donde señala que, es importante aplicar tamos de arroz con el fin de obtener mejores resultados en cuanto a la acumulación del COS y en términos de calidad del suelo a través del tiempo.

Los análisis estadísticos sobre la acumulación total de carbono orgánico (T ha<sup>-1</sup>) en el suelo, como se muestra en la Tabla 4.8, revelan diferencias significativas entre los tipos de manejos asignados según las variedades de pitahaya. En el caso de la pitahaya amarilla con manejo alternativo, se observa que la acumulación total es más alta en la ubicación debajo de la planta, con un valor medio de 50.34 T ha<sup>-1</sup>, mientras que en la ubicación "calle" el valor medio es ligeramente inferior, alcanzando 49.40 T ha<sup>-1</sup>. Esto sugiere que la pitahaya amarilla tiene una mayor acumulación de carbono orgánico debajo de la planta en comparación con las calles.

Por otro lado, en la variedad de pitahaya roja con el tipo de manejo tradicional, se observa una acumulación significativamente más baja en ambas ubicaciones en comparación con la pitahaya amarilla. En la ubicación debajo de la planta de pitahaya roja, el valor medio es de 47.95 T ha<sup>-1</sup>, mientras que en la ubicación "calle" es aún más bajo, con un valor medio de 38.10 T ha<sup>-1</sup>. Esto indica que, en general, la pitahaya roja tiene una menor acumulación de carbono orgánico en el suelo en comparación con la pitahaya amarilla.

**Tabla 4.8.** Acumulación total del COS en Tha-1.

Ubicación	Manejo	Medias		
Planta	Alternativo	50.34	a	
Calle	Alternativo	49.40	a	b
Planta	Tradicional	47.95	a	b
Calle	Tradicional	38.10	b	

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0.05$ )

### **4.3. ANÁLISIS LOS EFECTOS DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN LA CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

El efecto de la aplicación del tamo de arroz ha hecho que el manejo de la variedad de pitahaya amarilla acumule más carbono que la pitahaya roja. Sin embargo, es probable que sea la edad que se manejó cada lote mas no la variedad. Esto podría deberse a diferencias en la materia orgánica aportada al suelo o en la actividad microbiana en estas áreas, Estos resultados respaldan la relevancia de considerar el manejo, así como la profundidad y la edad del cultivo, en el manejo sostenible del suelo dicho por Reyna y Vera (2018), lo cual, Otero (2021), sugiere que, la estrategia de tamos de arroz tiene un impacto positivo en la salud del suelo.

La aplicación del tamo de arroz parece haber tenido un efecto significativo en la acumulación de carbono en la pitahaya amarilla en comparación con la pitahaya roja. Sin embargo, es probable que esta diferencia se deba más a la edad en la que se manejó cada lote que a la variedad en sí. Esto podría atribuirse a variaciones en la cantidad de materia orgánica agregada al suelo o en la actividad microbiana en estas áreas.

La diferencia en la edad y el manejo que se dio a cada una de las pitahayas influye en los niveles de carbono orgánico del suelo, estos resultados respaldan la

importancia de considerar el manejo del cultivo, así como la profundidad y la edad del mismo, para garantizar un manejo sostenible del suelo, como señalaron Reyna y Vera (2018). Además, coinciden con la idea de que la estrategia de aplicación de tamo de arroz tiene un impacto positivo en la salud del suelo, como sugirió Otero (2021).

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los resultados de la caracterización física y química del suelo indican que en el horizonte A se encontró una densidad aparente de  $1.37 \text{ gr/cm}^3$  y una densidad real de  $2.38 \text{ gr/cm}^3$ . El pH del suelo en este horizonte fue de 7.08 y la conductividad de  $1.06 \text{ }\mu\text{s/cm}$ . En el horizonte AB, la densidad aparente fue de  $1.31 \text{ gr/cm}^3$  y la densidad real de  $2.64 \text{ gr/cm}^3$ . El pH fue de 7.5 y la conductividad de  $2.38 \text{ }\mu\text{s/cm}$ . En el horizonte B, se obtuvo una densidad aparente de  $1.39 \text{ gr/cm}^3$  y una densidad real de  $2.51 \text{ gr/cm}^3$ . El pH fue de 7.60 y la conductividad de  $1.30 \text{ }\mu\text{s/cm}$ . Estos datos proporcionan información detallada sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en el cultivo de pitahaya, lo cual es relevante para su manejo adecuado.
- Se detectan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la humedad del suelo entre manejos. La pitahaya amarilla con manejo alternativo muestra un 7.72% de humedad, superior al 6.56% de la pitahaya roja con manejo tradicional. Los niveles de humedad en la pitahaya amarilla no varían según la ubicación de la muestra, mientras que en la pitahaya roja se observa mayor humedad debajo de la planta 7.11% en comparación con la calle 5.98%. La aplicación de tamo de arroz contribuye a estas diferencias y mejora la retención de humedad.
- La aplicación del tamo de arroz en la pitahaya amarilla, en comparación con la pitahaya roja sin aplicación, influye en la acumulación de carbono. La pitahaya amarilla muestra concentraciones más altas de carbono orgánico 1.57% que la pitahaya roja 1.29%. La ubicación debajo de la planta en la pitahaya amarilla acumula la mayor cantidad de carbono (1.56%) en los primeros 10 cm de profundidad del suelo. La edad del cultivo parece ser determinante en estas diferencias, sugiriendo que la pitahaya amarilla, con



un mayor tiempo de crecimiento, contribuye más a la acumulación de materia orgánica y, por ende, al carbono orgánico en el suelo.

- Estos resultados respaldan la importancia de considerar el manejo del cultivo, la profundidad y la edad para garantizar un manejo sostenible del suelo, apoyando la estrategia de aplicación de tamo de arroz para mejorar la salud del suelo.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Incluir la incorporación de tamos de arroz en el control de maleza y conservación beneficia en la retención de la humedad y su función como materia orgánica. Esto influye en la concentración y acumulación de COS; por lo tanto, tiene un impacto positivo en el medio ambiente
- Se recomienda considerar la diversidad de suelos en diferentes regiones y evaluar cómo influyen en la captura de carbono del suelo. Cada tipo de suelo puede tener diferentes características que podrían afectar la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico. Por lo tanto, es crucial tener en cuenta estas variables en futuros estudios.

## BIBIOGRAFÍAS

- Alvarado, A., Medina, E. y Ochoa, L. (2015). Sistema productivo del cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en Boyacá-Colombia. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 4(9). <https://doi.org/10.31644/IMASD.9.2015.a07>
- Akinbode, A., Oke, O. y Akinbi, J. (2022). Carbon Storage in Soils: A Case Study of Cocoa Agroforestry in Idanre Forest Reserve. *Applied Ecology and Forestry Science*, 5(1), 9–13. <https://doi.org/10.12691/aefts-5-1-2>
- Basurto, M., y Montesdeoca, M. (2022). *Análisis del sistema de producción de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) en la provincia de Manabí.* <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1708>
- Barrales, M., Paz, F., Velázquez, A., Hidalgo, C. y Etchevers, J. (2021). Distribution of soil aggregates and associated organic carbon in relation to different types of land uses and depths. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–22. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.1318>
- Bernal, M. (13 de mayo de 2021). La pitahaya roja sigue ganado espacio en el mercado internacional. *El Productor*, pág. 1.
- Bonilla, D. (2020). *Efecto de la incorporación de tamo de arroz degradado por *talaromyces sayulitensis* hc1 el enriquecimiento con nitrógeno sobre la germinación y el crecimiento de arroz y tomate.* (Trabajo de grado). Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/50295>
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Rev. Cienc. Agr.* 35(1): 82-96. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Barré, P., Plante, A., Cécillon, L., Luffalla, S., Baudin, F., Bernard, S., . . . C. (2016). The energetic and chemical signatures of persistent soil. *Biogeochemistry letters*, 4-5. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-016-0246-0>

- Diario Expreso. (6 de septiembre de 2019). El 90 % de la pitahaya que se produce en Manabi se exporta. *Diario expreso*, pág. 2.
- Docampo, R. (2014). Manejo En Producción Frutícola. *Inia*, 67, 81–89. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>
- Estación meteorologica . (2022). *Weathercloud*. Obtenido de google: <https://app.weathercloud.net/d2461034359#profile>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelo*. Obtenido de <file:///C:/Users/ALESKA/Downloads/a0541s.pdf>
- FAO. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura*. Filipinas: Glosolan. Obtenido de google: <file:///C:/Users/ALESKA/Downloads/ca7471es.pdf>
- Guamán, C. (2018). Validación del método para determinar materia orgánica en el suelo por la técnica de Walkley and Black. *Red de Repositorios de Acceso Abierto Del Ecuador*, 1–82. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31352/1/Trabajo\\_de\\_titulacion.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31352/1/Trabajo_de_titulacion.pdf)
- Gusli, S., Sumeni, S., Sabodin, R., Muqfi, H., y Nur, M. (2020). Soil Organic Matter , Mitigation of and Adaptation to Climate Change in Cocoa – Based Agroforestry Systems. *Land*, 9(323). <https://doi.org/10.3390/land9090323>
- INEC. (2021). *Instituto naciona de estadística y censos*. Obtenido de google: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>
- Izquierdo, J., y Arévalo, J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Jacobs, L. y Quack, L. (2018). The end of the diesel subsidy: Distributional effects of a CO2-based energy tax reform. *Wirtschaftsdienst*, 98(8), 578–586. <https://doi.org/10.1007/s10273-018-2334-3>

- Llerena, A. (2 de diciembre de 2020). Agricultura digital en el cultivo de pitahaya. *Latin America journal*, 24. Obtenido de <file:///C:/Users/ALESKA/Downloads/209-Article%20Text-814-1-10-20201124.pdf>
- Leul, Y., Mohamed, A., Damene, S., y Asmaw, L. (2023). Machine Translated by Google Artículo dinámica tierra sobre orgánico y total de occidental Yitayh Leul Shimeles Damene y Asmaw Introducción Machine Translated by Google. [file:///C:/Users/ALESKA/Downloads/Effects\\_of\\_Land-Use\\_Dynamics\\_on\\_Soil\\_Organic\\_Carbo.pdf](file:///C:/Users/ALESKA/Downloads/Effects_of_Land-Use_Dynamics_on_Soil_Organic_Carbo.pdf)
- Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., y Wiese, L. (2017). *CARBONO ORGANICO DEL SUELO, potencial oculto* (p. 90). [file:///C:/Users/OneDrive/Documentos/Doc\\_Tesis/Carbono del suelo - FAO.pdf](file:///C:/Users/OneDrive/Documentos/Doc_Tesis/Carbono del suelo - FAO.pdf)
- Maldonado, Y. (26 de octubre de 2021). *Propiedades y características del carbono*. Obtenido de Geologiaweb: <https://geologiaweb.com/elementos-quimicos/propiedades-carbono/>
- Martínez, H., Fuentes, E., y Acevedo, H. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Ministerio de agricultura y ganadería. (30 de marzo de 2018). *Productores de pitahaya de El Oro son capacitados en manejo del cultivo*. Obtenido de Ministerio de agricultura y ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-de-pitahaya-de-el-oro-son-capacitados-en-manejo-del-cultivo/>
- Mora, D. (2017). Cultivo de Pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) en temporada invernal. *Ica*, 38. <https://www.ica.gov.co/getattachment/87a2482e-a36a-4380-80ae-11072d0c717c/-nbsp%3BManejo-fitosanitario-del-cultivo-de-pitahaya.aspx>
- Montoya, W. . (20 de Julio de 2019). Caracterización fisico- química del suelo del municipio de Tibú. *ResearchGate*, 30-35. Obtenido de Google: [https://www.researchgate.net/publication/331071373\\_perfil\\_productivo\\_de\\_tib](https://www.researchgate.net/publication/331071373_perfil_productivo_de_tib)

u

Muñoz, D., López, G., Hernández, M., Soler, A. y López, G. (2009). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 237-246.

Nahdia, J., Paembonan, A. y Nasaruddin, M. (2021). Cocoa plantation carbon stock at different years after planting (5,10,15) in Tomoni Beringin Jaya Village, East Luwu, South Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 921(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012011>

Neubauer, S., y Megonigal, P. (2015). Moving beyond global warming potentials to quantify the climatic role of ecosystems. *Ecosystems*, 4. doi:DOI: 10.1007/s10021-015-9879-4

Nimo, E., Dawoe, E., y Afele, J. (2021). A Comparative Study of Carbon Storage in Two Cocoa (*Theobroma cacao*) Shade-Types and a Teak Plantation in the Moist Semi-deciduous Forest Zone of Ghana. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 37(1). <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v37i1.448>

Ondarse, D. (30 de septiembre de 2021). Enciclopedia humanidades. Recuperado el noviembre de 2022, de google: <https://humanidades.com/carbono/>

Organización de Naciones Unidas CEPAL. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In *Publicación de las Naciones Unidas*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

Otero, V. (2021). Determinación del efecto del manejo del tamo de arroz sobre la estructura y función de la comunidad microbiana en suelos de cultivo de arroz [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81291/52516013.2021.pdf?sequence=1>

- Padilla, Ó. y Haro, S. (2021). *Revista figempa*. 12(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8529828>
- Paz, F. y Etchevers, J. 2016. Distribución a profundidad del carbono orgánico en los suelos de México. *Terra Latinoamericana* 34: 339-355. [\\*2395-8030-tl-34-03-00339.pdf \(scielo.org.mx\)](https://doi.org/10.15446/tla.2016.34.03.00339)
- Reyna, L., Fernández, P. y Gómez, A. (2018). Influence of tree and occasional cropping on soil organic carbon and its fractionation in dehesa system. *EGU General Assembly 2018*, 20, 9815. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24325.86240>
- Reyna, L. y Vera, L. (2018). Soil-organic-carbon concentration and storage under different land uses in the Carrizal-Chone Valley in Ecuador. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/app9010045>
- Reyes, S., Acevedo, D., Acosta, H. y Romo, J. (2018). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Vol. 10 (51). DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Ruibérriz, M., Bojollo, R., Braña, C., Lizana, A., y Fernández, R. (2012). Carbon sequestration potential of residues of different types of cover crops in olive groves under Mediterranean climate. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(3), 649–661. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2012103-562-11>
- Salazar, J. (2019). Estimación del carbono orgánico del suelo en tres unidades de producción en la finca Altamira, Felidia, Valle del Cauca [Universidad Autónoma de Occidente]. In *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab* (Vol. 1, Issue 1). <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11317/T08536.pdf?sequence=18>
- Sánchez, E., Bonilla, D., Ramos, M., Lampurlanés, J., Fuentes, J., y Martínez, C. (2017). Siembra directa a largo plazo como medio para mantener la estructura de la superficie del suelo en un agroecosistema transformado en riego. *ScienceDirect*, 20-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.012>

- Smith, P., Soussana, J., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D., . . . Klumpp, K. (2019). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric. *Global change biology*, 3-4. doi:DOI: 10.1111/gcb.14815
- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes, N., Congo, C., Tinoco, L., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J. y Vier, W. (2020). *Manual de cultivo de pitahaya para la amazonía* (Issue July). [https://www.researchgate.net/publication/343224125 Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonia Ecuatoriana](https://www.researchgate.net/publication/343224125_Manual_del_Cultivo_de_Pitahaya_para_la_Amazonia_Ecuatoriana)
- Vela, G., Blanco, L., y Gamiño, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el suelo de conservación del distrito federal, centro de México. *Investigaciones Geograficas*, 77, 18–30. <https://doi.org/10.14350/riq.31007>
- Vera, L., Mesías, F., Cedeño, A., Guzmán, A., Hernández, A., y Zambrano, D. (2017). *Aportes al conocimiento edafológico para lograr la agricultura sostenible del sistema Carrizal- Chone*. Calceta, cantón Bolívar: Humus.
- Verona, A., Urcia, J., y Paucar, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

## **ANEXOS**





**Imagen 1.** Lote de pitahaya amarilla



**Imagen 2.** Lote de pitahaya roja



**Imagen 3.** Toma de datos



**Imagen 4.** Mini calicatas



**Imagen 5.** Toma de muestras