

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de**

**aguaymanto (*Physalis peruviana*), en condiciones del distrito de**

**Paucartambo - Pasco 2020**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autores:**

**Bach. Nathaly Kramer BLANCO MIRANDA**

**Bach. Cindy Wendy JULCA ARIAS**

**Asesor:**

**Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de  
aguaymanto (*Physalis peruviana*), en condiciones del distrito de  
Paucartambo - Pasco 2020**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Hickey Emilio CÓRDOVA HERRERA**  
**PRESIDENTE**

---

**MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 011-2025/UIFCCAA/V**

---

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**BLANCO MIRANDA, Nathaly Kramer**  
**JULCA ARIAS, Cindy Wendy**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía – Paucartambo**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*), en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020**

Asesor  
**Mag. Llanos Zevallos, Manuel**

Índice de similitud  
**22%**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 02 de abril de 2025



Firmado digitalmente por HUANES  
TOVAR Luis Antonio FAU  
20154805046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 02.04.2025 23:14:11 -05:00

---

Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar por permitirnos seguir con este propósito de la realización de nuestra tesis, y a nuestros padres quienes trabajaron y se sacrificaron para que lleguemos a cumplir con nuestras metas trazadas.

**Nataly Y Wendy**

## AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión sede Paucartambo por su colaboración e interés en este trabajo, asimismo agradecemos a nuestros asesores Mg. Dante Ale Becerra Pozo y Mg. Manuel Llanos Zevallos por su tiempo y cooperación para ayudarnos en nuestra investigación, a nuestro docente Ing. Carlos Alberto Zambrano, con el cual compartimos aulas de clase y que siempre estuvo llano a absolver nuestras dudas y brindarnos su conocimiento, de igual manera queremos reconocer a nuestros padres por darnos ánimos y alentarnos a continuar con la meta propuesta; a todos los mencionados nuestros más sinceros agradecimientos.

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a:

La Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión sede Paucartambo por su colaboración e interés en este trabajo.

Asimismo, agradecemos a nuestros asesores Mg. Dante Ale Becerra Pozo y Mg. Manuel Llanos Zevallos por su tiempo y cooperación para ayudarnos en nuestra investigación.

A nuestro docente Ing. Carlos Alberto Zambrano, con el cual compartimos aulas de clase y que siempre estuvo llano a absolver nuestras dudas y brindarnos su conocimiento.

De igual manera queremos reconocer a nuestros padres por darnos ánimos y alentarnos a continuar con la meta propuesta; a todos los mencionados nuestros más sinceros agradecimientos.

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental UNDAC – Agronomía; predio perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Sección Paucartambo, ubicado en el distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco, durante los meses de mayo del 2020 a setiembre del 2020, con el objetivo de aportar con el mejoramiento del manejo técnico en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*), con el fin de dotar de plantas de mejor calidad en condiciones del distrito de Paucartambo, para ello nos planteamos los siguientes tratamientos: T1 es el sustrato de tierra negra + humus; el T2 es la turba comercial + humus; el T3 es el compost + humus y el T4 es la mezcla 3:2:1 + humus, las mismas que fueron conducidos en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y 4 repeticiones haciendo un total de 16 parcelas experimentales; donde se evaluaron el porcentaje de emergencia, el número de hojas por planta, el vigor de la planta, la altura de plantas y el diámetro de tallos. Los resultados nos indican que el porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra no presentaron diferencias estadísticas las mismas que estuvieron comprendidas entre los 82.50 % del T1 (Tierra negra + humus) y los 97.50 % del T3 (Compost + humus); el mayor número de hojas por plántula se obtuvieron utilizando los sustratos de turba comercial + humus (T2) y compost + humus (T3), en la primera evaluación no se presentaron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, pero en la segunda y tercera evaluación si se encontraron diferencias significativas en comparación con los sustratos a base de la Mezcla 3:2:1 + humus (T4) y de la Tierra negra + humus (T1); los promedios en la tercera evaluación para los tratamientos T2 y T3 fueron de 6.00 y 5.50 respectivamente; con respecto al vigor de las plántulas los promedios más altos en las dos evaluaciones realizadas se observaron en las bandejas con los sustratos de turba comercial + humus (T2) y del compost + humus (T3), existiendo además diferencias significativas en comparación con los otros tratamientos, los promedios de la primera evaluación fueron para la

turba comercial + humus (2.60 cm), para el compost + humus (2.45 cm); en la segunda evaluación los promedios son de 3.0 cm para la turba comercial + humus y 2.78 cm para el compost + humus; en cuanto a la altura de plantas el tratamiento T2 (turba comercial + humus) presentó los mayores promedios a los 15, 50 y 59 días después de la siembra cuyos valores fueron de 0.953 cm, 6.40 cm y 6.23 cm respectivamente; de igual forma para el diámetro del tallo durante las tres evaluaciones el sustrato turba comercial + humus (T2) presentó promedios significativos estadísticamente en comparación con los tratamientos T4 (Mezcla 3:2:1 + humus) y T1 (Tierra negra + humus), los promedios en la tercera evaluación para los tratamientos T2, T3, T4 y T1 fueron de 0.115 cm, 0.103 cm, 0.090 cm y 0.088 cm respectivamente.

**Palabras clave:** Sustratos orgánicos, plántulas, turba, contenedor.

## ABSTRACT

The present research was carried out at the UNDAC Experimental Center – Agronomy; property belonging to the Daniel Alcides Carrión National University, Paucartambo Section, located in the district of Paucartambo, province and region of Pasco, during the months of May 2020 to September 2020, with the objective of contributing to the improvement of technical management in the production of aguaymanto seedlings (*Physalis peruviana*), in order to provide better quality plants in the conditions of the Paucartambo district, for this we consider the following treatments: T1 is the substrate of black soil + humus; T2 is commercial peat + humus; T3 is compost + humus and T4 is the 3:2:1 + humus mixture, the same ones that were conducted in a Randomized Complete Block Design (DBCA) with four treatments and 4 repetitions making a total of 16 experimental plots. ; where the percentage of emergence, the number of leaves per plant, plant vigor, plant height and stem diameter were evaluated. The results indicate that the percentage of emergence 15 days after sowing did not present statistical differences, which were between 82.50% of T1 (Black soil + humus) and 97.50% of T3 (Compost + humus); The greatest number of leaves per seedling was obtained using commercial peat + humus (T2) and compost + humus (T3) substrates. In the first evaluation there were no significant differences between the four treatments, but in the second and third evaluation there were. Significant differences were found in comparison with the substrates based on the 3:2:1 Mixture + humus (T4) and the black Earth + humus (T1); The averages in the third evaluation for treatments T2 and T3 were 6.00 and 5.50 respectively; Regarding the vigor of the seedlings, the highest averages in the two evaluations carried out were observed in the trays with the commercial peat + humus (T2) and compost + humus (T3) substrates, with significant differences also existing compared to the others. treatments, the averages of the first evaluation were for commercial peat + humus (2.60 cm), for compost + humus (2.45 cm); In the second evaluation the averages are 3.0 cm for commercial peat + humus and 2.78 cm for

compost + humus; Regarding plant height, treatment T2 (commercial peat + humus) presented the highest averages at 15, 50 and 59 days after sowing, whose values were 0.953 cm, 6.40 cm and 6.23 cm respectively; Likewise for the stem diameter during the three evaluations, the commercial peat + humus substrate (T2) presented statistically significant averages compared to the treatments T4 (3:2:1 mixture + humus) and T1 (Black earth + humus). The averages in the third evaluation for treatments T2, T3, T4 and T1 were 0.115 cm, 0.103 cm, 0.090 cm and 0.088 cm respectively.

**Keywords:** Organic substrates, seedlings, peat, container.

## INTRODUCCIÓN

El aguaymanto o capulí (*Physalis peruviana* L.) es una fruta nativa del Perú, originario de los andes que se consume en fresco, deshidratado y procesado como mermeladas o conservas, debido a que presentan propiedades diuréticas, sedativas y antirreumáticas, además tienen un alto contenido en vitaminas A y C; su producción en el Perú se concentra en las regiones de Amazonas, Apurímac, Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín, Lambayeque, Lima, Pasco y Moquegua (**Sierra y Selva Exportadora**, 2021); también se les encuentra de manera silvestre en altitudes que van de 1500 a 3000 msnm y que en épocas precolombinas fue usado como medicina tradicional (**PERÚBIODIVERSO**, 2014).

En la producción de plantas hortofrutícolas como es el caso del aguaymanto, la etapa de vivero juega un papel fundamental en el proceso productivo; de la calidad y sanidad de plantas obtenidas en esta etapa va depender el éxito posterior de la plantación en campo definitivo, es por ello que antes de instalar un vivero debemos de tener en consideración la selección y el manejo de los sustratos, como uno de los factores más importantes, así como también la procedencia de la semilla, el tipo de bandejas, entre otros aspectos, los cuales nos permitirán conducir exitosamente un vivero y obtener plántulas de alta calidad fenotípica, genotípica y fitosanitaria a un menor costo.

Los sustratos son los espacios físicos distintos del suelo *in situ*, las cuales pueden ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, y colocados en un contenedor de forma pura o mezclado brindan el soporte necesario para el desarrollo de las plantas, además deben poseer una buena aireación, retención de nutrientes y agua, libre de patógenos (hongos, nematodos) y de fácil adquisición entre otras características; clasificándose en inertes, si sólo proporcionan soporte a la planta, y activos, si proporcionan además nutrimentos (**Agroactivo**, 2023; **Cruz-**

**Crespo et al., 2013; Gayosso Rodríguez et al., 2016; Pastor Sáez, 1999**); por lo que su elección y el uso correcto serán la clave en la producción de plantas de alta calidad.

Teniendo en consideración los beneficios de una correcta selección de los sustratos donde se propagarán y crecerán las plántulas de aguaymanto, nos planteamos la siguiente interrogante: ¿De qué manera se podría producir plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo, Pasco- 2020?

Para ello nos trazamos los siguientes objetivos:

- ✓ Determinar el efecto de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.
- ✓ Identificar el tratamiento con mejor respuesta en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.

## ÍNDICE

### Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1. Delimitación geográfica .....	2
1.2.2. Delimitación temporal .....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	6
2.2. Bases teóricas – científicas .....	9
2.2.1. Aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ).....	9
2.2.2. La bandeja o contenedor y los tubetes.....	17
2.2.3. Sustratos para viveros .....	19
2.2.4. Ácidos húmicos .....	26
2.3. Definición de términos básicos .....	32
2.4. Formulación de hipótesis.....	33
2.4.1. Hipótesis general .....	33
2.4.2. Hipótesis específicas.....	33
2.5. Identificación de variables.....	33
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	34

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación .....	35
3.2. Nivel de investigación .....	35
3.3. Métodos de investigación .....	35
3.4. Diseño de la investigación.....	37
3.5. Población y muestra .....	38
3.5.1. Población .....	38
3.5.2. Muestra .....	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
3.6.1. Técnicas .....	39

3.6.2. Instrumentos .....	39
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	39
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	40
3.9. Tratamiento estadístico.....	40
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	40

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	41
4.1.1. Reconocimiento del sistema e inspección técnica .....	41
4.1.2. Instalación y conducción del experimento .....	42
4.1.3. Observaciones registradas .....	43
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	44
4.2.1. Porcentaje de emergencia .....	44
4.2.2. Número de hojas por planta.....	45
4.2.3. Vigor de la planta .....	50
4.2.4. Altura de plantas .....	53
4.2.5. Diámetro de tallos.....	58
4.3. Prueba de hipótesis .....	63
4.4. Discusión de resultados .....	64

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Intervalos usuales para la composición elemental de las sustancias húmicas. ....	28
<b>Tabla 2.</b> Contenido en ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales. ....	29
<b>Tabla 3.</b> Ordenamiento de los tratamientos en estudio. ....	40
<b>Tabla 4.</b> Análisis de variancia del porcentaje de emergencia. ....	44
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del porcentaje de emergencia. ....	45
<b>Tabla 6.</b> Análisis de variancia de la primera evaluación del número de hojas por planta. ...	46
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Tukey al 95 % probabilidad de la primera evaluación del número de hojas por planta. ....	46
<b>Tabla 8.</b> Análisis de variancia de la segunda evaluación del número de hojas por planta. ..	47
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Tukey al 95 % probabilidad de la segunda evaluación del número de hojas por planta. ....	48
<b>Tabla 10.</b> Análisis de variancia de la tercera evaluación del número de hojas por planta....	49
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la tercera evaluación del número de hojas por planta. ....	49
<b>Tabla 12.</b> Análisis de variancia del vigor de la planta durante la primera evaluación.....	51
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del vigor de la planta durante la primera evaluación. ....	51
<b>Tabla 14.</b> Análisis de variancia del vigor de planta durante la segunda evaluación.....	52
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del vigor de planta durante la segunda evaluación. ....	53
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza de la altura de plantas durante la primera evaluación.....	54
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la primera evaluación. ....	55

<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza de la altura de plantas durante la segunda evaluación. ....	56
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la segunda evaluación. ....	56
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza de la altura de plantas durante la tercera evaluación. ....	57
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la tercera evaluación. ....	58
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la primera evaluación. ....	59
<b>Tabla 23.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la primera evaluación. ....	59
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la segunda evaluación. ....	60
<b>Tabla 25.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la segunda evaluación. ....	61
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la tercera evaluación. ....	62
<b>Tabla 27.</b> Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la tercera evaluación. ....	62

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Modelo de la estructura química de los ácidos húmicos. ....	31
<b>Figura 2.</b> Detalle del croquis del campo experimental. ....	37
<b>Figura 3.</b> Detalle de la parcela experimental. ....	37
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra. ....	45
<b>Figura 5.</b> Número de hojas por planta durante la primera evaluación. ....	47
<b>Figura 6.</b> Número de hojas por planta durante la segunda evaluación. ....	48
<b>Figura 7.</b> Número de hojas por planta durante la tercera evaluación. ....	50
<b>Figura 8.</b> Vigor de la planta durante la primera evaluación. ....	52
<b>Figura 9.</b> Vigor de las plantas durante la segunda evaluación. ....	53
<b>Figura 10.</b> Altura de plantas durante la primera evaluación. ....	55
<b>Figura 11.</b> Altura de plantas durante la segunda evaluación. ....	57
<b>Figura 12.</b> Altura de plantas durante la tercera evaluación. ....	58
<b>Figura 13.</b> Diámetro de tallos durante la primera evaluación. ....	60
<b>Figura 14.</b> Diámetro de tallos durante la segunda evaluación. ....	61
<b>Figura 15.</b> Diámetro de tallos durante la tercera evaluación. ....	63

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

El inadecuado porcentaje de elementos que conforman un sustrato orgánico para la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*), ha generado una alta mortalidad teniendo como consecuencia una pérdida económica significativa para los productores

Un sustrato debe sostener física y nutritivamente a la planta, debe tener un buen drenaje, para dejar pasar el agua con facilidad, pero conservando la capacidad de mantenerse húmedo. También debe contener aire. De ser posible, se debe controlar el pH. Para darle un buen soporte a la planta debe ser compacto, con moderación (Clavijo, 2008).

El mismo autor menciona que, no obstante, debido al alto costo de los sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocuidad, valiéndose para ello de subproductos de la agroindustria local. Esto además de ser importante ahorro de divisas, evitaría los problemas de diseminación de plagas y enfermedades de una región a otra.

Para el cultivo de aguaymanto, uno de los puntos de mayor importancia para culminar el cultivo con éxito, es el manejo de los sustratos. La utilización de un sustrato de mala calidad, asegura un cultivo con problemas y bajos rendimientos. Es por ello que se debe seleccionar minuciosamente el sustrato que se vaya a usar (Terres et al, 1997).

La base de todo sustrato preparado es la materia orgánica. Los minerales que se utilizan para mejorar las propiedades físicas de los sustratos son subproductos orgánicos como la corteza, el aserrín o las compostas. En una revisión sobre el manejo de los sustratos para horticultura destacó la importancia de la retención de humedad, sin mencionar cantidades ni el tipo de materiales que deben usarse para mejorar esa característica (Cásseres, 1971).

En un trabajo realizado en el que se probó diferentes materiales, se concluyó que, los sustratos basados en aserrín descompuesto y turba son ligeros y presentan excelente capacidad de retención de humedad, sin aclararlos niveles de los materiales utilizados y menciona que un sustrato debe retener del 50% al 70% de humedad (Alsina Grau, 1980)

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se ha delimitado de la siguiente manera:

### **1.2.1. Delimitación geográfica**

El experimento se desarrolló en las instalaciones del Centro Experimental UNDAC – Agronomía, ubicada en el distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El periodo en el cual estuvo comprendida la presente investigación corresponde a los meses de mayo a setiembre del año 2020.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera se podría producir plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo, Pasco- 2020?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el efecto del humus y cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020?

¿Cuál de los tratamientos evaluados presenta una mejor respuesta en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Aportar en la evaluación de sustratos para la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*), con el fin de dotar de plantas de mejor calidad en condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2020

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar el efecto de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.

Identificar el tratamiento con mejor respuesta en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.

## 1.5. Justificación de la investigación

### *Científico:*

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Llurba, 1997).

Un sustrato óptimo está definido por la especie vegetal, las condiciones ambientales del área de producción y del costo de los materiales para su formulación. Un buen sustrato puede reconocerse por sus propiedades físicas, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua, químicas y se miden a través de técnicas de laboratorio utilizadas a nivel internacional y específicos para sustratos (Sade, 1997).

Con el manejo ecológico se mantiene el equilibrio natural del suelo, del medio ambiente, se evita la presencia de patógenos y de hongos los cual podrían dañar las plantas y así contar con mejores condiciones de vida.

Haciendo observación a esta problemática se ha propuesto efectuar un trabajo de investigación para evaluar sustratos orgánicos en la producción de plántulas de aguaymanto y determinar el tratamiento idóneo y recomendar el mismo, por lo cual se planteará el problema de investigación y formulación del mismo.

### *Social:*

El proyecto de tesis va orientada a realizar un trabajo de investigación científico, para obtener resultados verídicos en el lugar insitu por lo propuesto a realizar, para así poder ser confiable de una determinada investigación y brindando estabilidad, bienestar individual y familiar; mayor participación social y comunitaria, resurgen los valores

ancestrales, finalmente, se promueven la capacitación y la creatividad de los viveristas en todo su ámbito.

***Económico:***

Los proyectos de investigación a realizarse satisfacen los requerimientos Económicos de la familia y el excedente se comercializan. Los ingresos se destinan a salud, educación, vestido, vivienda, recreación, etc., es decir, a elevar la calidad de vida y el nivel socio-económico del agricultor y a fortalecer la ecología sin alterar el ecosistema con miras al futuro de la familia y la sociedad.

**1.6. Limitaciones de la investigación**

Dentro de las limitaciones presentadas durante la investigación fue la adquisición de las semillas de calidad del cultivo de aguaymanto, por lo que se trajo desde Cajamarca, también debemos mencionar que la turba comercial no se encuentra en el distrito debido a que no existen viveros hortofrutícolas que estén empleando este tipo de sustratos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

**Toscano Mañay**, (2021), realizó una evaluación de diferentes proporciones de sustrato en el crecimiento de plántulas de uvilla (*Physalis peruviana*); donde los mejores tratamientos fueron T1 (sueño agrícola 100%) y T6 (suelo agrícola 70% + harina de rocas 30%), así para la variable número de hojas se registró un promedio 3,53 a los 30 días y 5,17 a los 80 días, con una diferencia de 1,64 hojas; la altura de planta presentó 1,03 cm a los 30 días y 4,53 a los 80 días. La variable diámetro del tallo presentó una diferencia de 0,09 cm del día 40 al día 80. Para longitud radicular se registraron medias de 7,99 cm a los 40 días y de 15,58 cm a los 80 días con una diferencia de 7,59 cm. El porcentaje de plantas útiles fue del 53% con el tratamiento T1. Asimismo, concluye que existe influencia de las diferentes proporciones de sustratos en el crecimiento y desarrollo de plántulas.

**Reyna Alipio**, (2019), desarrolló una investigación sobre la Producción de plántulas (*Physalis peruviana* L.) variedad local con tres proporciones de sustratos en Santiago de Chuco, La Libertad; donde los resultados obtenidos indican que el mejor

tratamiento en las características evaluadas son los T03 (tierra agrícola, turba y arena en la proporción 2-1-1) y el tratamiento T04 (tierra agrícola, turba y arena en la proporción 1-1-1), permiten el mejor crecimiento longitudinal de la parte aérea y la parte radical en *Physalis peruviana* L., a partir de la segunda evaluación. Además, el diámetro del tallo de *Physalis peruviana* se ve favorecido por efecto de los tratamientos T04 y T03 a partir de la tercera y cuarta evaluación respectivamente; asimismo, los tratamientos T01 (3:2:1) y T02 (3:1:1), no mostraron diferencia estadística en ninguna de las características evaluadas a los 10, 20, 30, 45 ni 60 días post trasplante.

**Ccaico Aponte**, (2018), realizó una investigación con el objetivo de evaluar el ritmo del crecimiento y la composición bromatológica de los frutos de *Physalis peruviana* “capulí” sembrados en diferentes sustratos en condiciones de invernadero; teniendo como resultado el más eficiente al sustrato III (tierra agrícola más compost estiércol de conejo) donde la altura de las plantas fue estadísticamente mayor con un promedio de 140,63 cm, el peso seco de 1,85g, índice de área foliar (IAF) de 1,04 dm<sup>2</sup>/dm<sup>2</sup>, índice de crecimiento relativo (ICR) de 0,46 g/g/t y el índice de asimilación neta (IAN) de 1,27 g/ dm<sup>2</sup> /sem el menos eficiente corresponde al sustrato I (tierra agrícola más arena) y el análisis bromatológico de los frutos presentaron 70,5% de humedad, 0,23% extracto etéreo, 0,99%, cenizas, 18,3% carbohidratos totales y 4,1% fibra neta y se concluyó que el ritmo de crecimiento fue mayor con el sustrato III (mezcla de tierra agrícola más compost de estiércol de conejo (3:1)) y el análisis bromatológico, fueron similares estadísticamente, solo el porcentaje de proteínas fue mayor con el sustrato III con un promedio de 1,13%.

**Fernández Pineda**, (2015), realizó una evaluación de sustratos en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.); los resultados obtenidos para las variables longitud de raíz, número de foliolos, altura de plantas,

cobertura foliar y diámetro de tallos muestran diferencias altamente significativas por efecto de las diferentes proporciones y tipos de sustrato; asimismo, el tratamiento 4, (sustrato constituido por: arena 33.30%, humus 33.30% y suelo 33.30%), mostró mejores resultados frente a los demás tratamientos, para las variables de % de emergencia de plántulas, longitud de raíz, número de folíolos, tamaño de plántula, cobertura foliar y diámetro de tallos.

**Camasi Salinas & Quintas Madueño, (2016)**, desarrollaron una investigación para evaluar la respuesta del cultivo de Aguaymanto a tres dosis de ácidos húmicos y tres distancias de siembra; las dosis de aplicación de ácidos húmicos fue 4, 6 y 8 ml, por parcela, equivalente a 1.0, 1.5 y 2.0 litros por hectárea, los que fueron aplicados aleatoriamente a las parcelas; y las distancias de plantación 0.90, 1.20 y 1.50 m, fueron aplicados a las sub parcelas en forma aleatoria; los resultados obtenidos muestran que el Ácido Húmico humus bio-gro\* ácido húmico al 15 % líquido, tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas de aguaymanto, número de flores, número de frutos y rendimiento por planta; asimismo, se encontraron diferencias significativas en el rendimiento por efecto de los distanciamientos de trasplante, en promedio de los niveles de ácidos húmicos con 4,578.39, 3,624.84 y 3,748.57 kg/ha.

**Ávila Rodríguez, (2013)**, evaluó el Biol y ácidos húmicos en la propagación de plantines de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), con el propósito de determinar la influencia de los factores principales: Biol al 50% (Sin Biol, Biol a la siembra, a los 15 días y a los 30 días) y Ácidos Húmicos al 5% (Sin Ácidos Húmicos, a la siembra, a los 15 días y a los 30 días), y su combinación dio lugar a los 16 tratamientos en estudio; los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T6 (combinación de Biol a la siembra + Ac. Húmicos a los 15 días) a los 30 días genera una mayor emergencia de plantines de aguaymanto (90,67 %); mientras que a los 60 días incrementa la altura del

plantín (5,49 cm), genera un mayor número de hojas (6,53 hojas), desarrolla mayor número de raíces (29,20 raíces), incrementa la longitud de raíces (12,30 cm), promueve mayor cantidad de peso fresco por plantín (0,61 g), genera mayor cantidad de peso seco (0,10 g) y logra incrementar la materia seca (16,49 %); asimismo, el factor principal biol aplicado al momento de la siembra (B1) y el factor ácido húmico aplicado a los 15 días de la siembra (A2), ejercen efectos positivos sobre los plantines de aguaymanto en las diferentes evaluaciones realizadas.

## 2.2. Bases teóricas – científicas

### 2.2.1. Aguaymanto (*Physalis peruviana*)

#### A. Origen y distribución

Según **Legge** (1974, como se citó en **Fischer et al.**, 2014), el centro de origen del cultivo de aguaymanto o uchuva (*Physalis peruviana* L.) estaría situada en las zonas andinas del Perú; además, **Dostert et al.**, (2012), menciona que hoy en día es cultivada en todos los Andes sudamericanos, mientras que su cultivo en Europa comenzó en el siglo XVIII en Inglaterra; asimismo la ocurrencia de ejemplares asilvestrados de *P. peruviana* está hoy documentada en varios países, como, por ejemplo, Ecuador, Chile, Venezuela, Hungría, India, Australia, China, Macronesia y Sudáfrica; mientras que su distribución en el Perú, está asociado principalmente a las zonas frías de las regiones de Ancash, Huánuco, Junín, Ayacucho, Arequipa, Cajamarca y Cuzco.

#### B. Clasificación taxonómica

Según **GBIF Secretariat**, (2022), y **Prohens Thomás & Sepúlveda Ortega**, (2014), haciendo mención a otros autores indican que la clasificación taxonómica del cultivo de aguaymanto es el siguiente:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Superorden	:	Asteranae
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanáceas
Subfamilia	:	Solanoideae
Tribu	:	Physaleae
Subtribu	:	Physalinae
Género	:	Physalis
Subgénero	:	Rydbergis Hendrych
Sección	:	Lanceolatae (Rydb.) M.Y. Menzel
Especie	:	Physalis peruviana L.

Según **Fischer et al.**, (2014), y **Wikipedia**, (2023), los nombres comunes con los que se le conoce al aguaymanto en diferentes países son: uchuva, uvilla (Argentina), chirto o chilto (en lengua aimara), capulí, motojobobo embolsado, poga poga (Bolivia), uchuva, Fruta del amor (Costa Rica), guchavo, guchuva, uchuva, ochuva, uchua, uvilla, vejigón (Colombia), fruta de oro, bolsa de amor, uchuva, capulí, amor escondido, fisal peruviana (Chile), uvilla (Ecuador), fisalis (España), cereza del Perú (México), topotopo, chuchuva, uchuva (Venezuela), golden berry, cape gooseberry, groundcherry, poha berry (Estados Unidos), tepareey makowi (India), groselha do Perú (Portugal), Kapstachelbeere (Alemania), Fisalis (Italia), Lampion (Holanda).

Según **Tapia & Fries**, (2007), los nombres comunes con los que se le conoce al aguaymanto en el Perú de acuerdo a las regiones son: Tomatillo, aguaymanto (centro y sur del Perú); capulí (centro del Perú); uvilla (Cajamarca).

### C. Descripción botánica

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) pertenece a la familia Solanaceae y al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre y están caracterizados por presentar frutos encerrados en un cáliz o capacho (**Cedeño & Montenegro**, 2004).

**Hábito**; según **Tapia & Fries**, (2007), es una planta de tipo herbáceo a semi-arbustiva, erecta, perenne en zonas subtropicales y que puede alcanzar una altura entre 0,6 a 0,9 metros y en algunos casos pueden llegar a alcanzar los 1,8 metros de altura. Al respecto **Fischer**, (2000), menciona que la planta de aguaymanto presenta un crecimiento indeterminado; el crecimiento vegetativo (hojas, ramas y raíces) y el generativo (flores y frutos), siempre tienen lugar al mismo tiempo y la planta no entra en receso aún después de la cosecha; además en condiciones tropicales el aguaymanto no muestra un crecimiento estacional o cíclico, sin embargo, las condiciones agroecológicas y el desgaste de las plantas durante las producciones permanentes llegan a reducir su tasa de crecimiento a lo largo de su desarrollo.

**Raíz**; la mayoría de las raíces son fibrosas y se encuentran entre 10 a 15 cm de profundidad; el sistema radical es ramificado y las raíces principales llegan a una profundidad de 50 a 80 cm, la textura, la temperatura, la humedad y en especial la aireación del suelo influyen en el

desarrollo de las raíces (**Tapia & Fries, 2007**). Al respecto **Fischer, (2000)** menciona que con temperaturas bajas en la rizósfera (14 °C), las plantas de aguaymanto forman mayor biomasa de raíces finas, probablemente para poder absorber mayor cantidad de agua puesto que en los suelos fríos la absorción se ve reducida.

**Tallo;** es herbáceo, hueco quebradizo, cubierto con vellosidades de color verde (tiene una textura muy suave al tacto), posee en sus nudos varias yemas donde nacen una hoja, una yema vegetativa (rama) y una yema floral (flor), sin embargo, tiende a lignificarse en las plantas viejas; asimismo, en la base del tallo se presenta un gran número de yemas que cuando se desarrollan dan origen a ramas o tallos principales (**Fischer, 2000; Guerrero Castillo, 2019**)

**Hojas;** presenta hojas alternas, simples, pecioladas, acorazonadas y altamente pubescentes, con un tamaño entre 5 a 15 cm de largo y de 4 a 10 cm de ancho, con el borde sinuado dentado, entero o lobulado, el ápice acuminado, la base obtusa, cordada o truncada y veloso-viscosas; en la parte basal del tallo principal, antes de la primera bifurcación, se desarrolla una sola hoja por nudo, mientras que en las ramas laterales y en las productivas cada nudo llevan dos hojas normalmente (**Fischer, 2000; Prohens Thomás & Sepúlveda Ortega, 2014; Tapia & Fries, 2007**).

**Flor;** en las axilas de pedúnculo foliar, se desarrollan las flores hermafroditas, que son solitarias, con una corola tubular de color amarillo; las cuales pueden ser polinizadas fácilmente por los insectos, por el viento y también es común su autopolinización (**Fischer et al., 2014; Tapia & Fries, 2007**).

**Cáliz;** es veloso con venas salientes y con una longitud aproximada de 3 a 4 cm, el cual cubre por completo al fruto durante todo su desarrollo, iniciando su alargamiento después de la fecundación del fruto; en los 40 a 45 días de su desarrollo es de color verde y a medida que el fruto va madurando pierde clorofila volviéndose pergamino al final; es importante porque protege el fruto de la presencia de los insectos, los pájaros, las enfermedades y de las condiciones climáticas extremas (**Tapia & Fries, 2007**).

**Fruto;** es una baya de forma globosa u ovoide con un diámetro entre 1,25 y 2,50 cm, pesa entre 4 a 10 g., en su interior contiene unas 100 a 300 semillas pequeñas (**Tapia & Fries, 2007**). Su color y aroma varía según los ecotipos, encontrándose desde el color verde limón hasta el amarillo dorado cuando están maduros (**Guerrero Castillo, 2019**).

**Semilla;** son muy pequeñas que están desprovistas de hilos placentarios, ovaladas-achatada, miden de 1.5 a 3.0 mm de largo y de ancho 1.0 mm aproximadamente, su número es muy variable en cada fruto y entre ecotipos que van desde los 150 a 320 semillas por fruto; son de color amarillo grisáceo (o amarillo parduzco) en un gramo se pueden encontrar más de 1 000 semillas (**Guerrero Castillo, 2019**).

#### **D. Variedades**

Según **MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora, (2021)**, las variedades de la especie *Physalis peruviana* están en función a los ecotipos, en relación con el tamaño, color y forma del fruto, de la flor, altura y el tamaño de la planta; asimismo los tres ecotipos frecuentemente cultivados proceden de Kenia, Sudáfrica y Colombia; de los cuales los ecotipos de

Kenia y Sudáfrica tienen un peso promedio de 6 a 10 gramos, mientras que el ecotipo colombiano es más pequeño y pesan entre 4 y 5 gramos; mientras que en el Perú existen seis ecotipos como son: Urquiaco (Cajamarca), Agocucho (Cajamarca), Huancayo 1 y Huancayo 2 (Junín), Cajabamba (Cajamarca) y Eru (Cajabamba).

#### **E. Requerimientos edafoclimáticos**

Entre los requerimientos edafoclimáticos para el crecimiento y desarrollo del aguaymanto tenemos los siguientes:

**Suelo;** Los suelos adecuados deben ser de estructura granular, de textura franco arenoso o franco arcilloso con un pH entre 5,5 y 7,3, sueltos con un buen drenaje, con un contenido alto de materia orgánica (> 3 %); no tolera los suelos arcillosos debido a que tienen raíces superficiales y es muy susceptible al encharcamiento (**Fischer & Melgarejo, 2014; Tapia & Fries, 2007**).

**Temperatura;** Según, **Salazar et al., (2008)** mencionan que la temperatura fisiológica base para el cultivo (inserción de nuevo nudos en el tallo) es de 6,29 °C. Puede soportar bajas temperaturas, pero sufre daños irreparables cuando la temperatura está por debajo de los 0 °C, asimismo, su crecimiento se ve afectado si las temperaturas se mantienen por debajo de los 10 °C; de igual forma si las temperaturas son altas pueden afectar la floración y fructificación; por tanto para su crecimiento y producción las temperaturas medias óptimas están entre los 13 y 16 °C (**Fischer et al., 2014; Puente et al., 2011**).

**Luz;** Las plantas de aguaymanto tienen un mejor desarrollo cuando hay una intensidad de luz alta, pero cuando la intensidad es baja las plantas

tienen un crecimiento excesivo (en invernaderos), además se afecta la apertura de los estomas; tanto la luz, la temperatura y las condiciones de suelo son factores que influyen sobre el tamaño, el color, el contenido nutricional, el sabor y el tiempo de maduración de los frutos, para ello se requiere una intensidad lumínica de 1500 a 2000 horas luz por año para alcanzar una calidad óptima (**Fischer et al., 2014; Guerrero Castillo, 2019; Mora-Aguilar et al., 2006**).

**Precipitación y humedad relativa;** El aguaymanto requiere de precipitaciones que fluctúen entre los 1000 y 2000 mm las mismas que deben estar distribuidas durante todo el año; mientras que precipitaciones de 600 a 800 mm son necesarios durante los primeros periodos de crecimiento; también se han reportado cantidades mayores de precipitación (hasta 4300 mm en suelos con un buen drenaje) que han incrementado la producción; asimismo, los rangos óptimos de humedad relativa (HR) deben estar comprendidos entre 70 y 80 % (**Guerrero Castillo, 2019; Mora-Aguilar et al., 2006**).

**Altitud;** El aguaymanto está distribuida ampliamente en la zona andina donde encontramos plantaciones entre los 1500 y 3000 msnm, pero prospera desde el nivel del mar hasta los 3300 msnm (**Fischer et al., 2014; Tapia & Fries, 2007**).

## **F. Manejo agronómico en vivero**

### **Desinfección del Suelo para almácigo**

El sustrato empleado para el establecimiento de semilleros y bolsas de cultivo se compone de una amalgamación uniforme de dos partes de suelo, una parte de arena y una parte de materia orgánica completamente

descompuesta o compostada. Esta formulación requiere desinfección para mitigar los problemas fitosanitarios asociados con el material que pueden facilitar la proliferación de plagas, nematodos y enfermedades; dado que el problema predominante a nivel de planta es la infestación fúngica instigada por un hongo patógeno (IDMA, 2016).

### **Propagación y trasplante**

La propagación del cultivo de aguaymanto puede realizar tanto por estacas como por semillas; pero la forma más común de propagar es por semilla ya que estas presentan un alto porcentaje de germinación que está entre 85 y 90 % y tardan entre 10 a 15 días en germinar, estas plantas a diferencia de aquellas que son propagadas por estacas muestran un buen anclaje, tienen una mayor longevidad y frutos de buena calidad; el mayor porcentaje de germinación se obtiene cuando las semillas han sido extraídas de frutos completamente maduros, que han sido fermentados, lavados y secados (Dostert et al., 2012; Fischer et al., 2014; Tapia & Fries, 2007).

Para el cultivo se recomienda la instalación de camas de almácigo, desde donde se llevarán las plantas para ser plantadas en el campo esto se realiza a los dos meses o cuando las plantas alcancen un tamaño de 20 a 25 cm; asimismo, la siembra directa en el campo para el cultivo de aguaymanto no se recomienda debido a que las semillas son pequeñas y porque demandan gran cantidad de agua para poder germinar (Dostert et al., 2012).

### **Sembrío de la semilla en camas almacigueras**

Las semillas se esparcen de manera uniforme sobre la superficie de la cama preparada con la mezcla del sustrato y luego se cubren con una

delgada capa del mismo material, se recomienda colocarlas a una profundidad equivalente a unas tres veces su diámetro para favorecer una germinación adecuada; la siembra en camas puede realizarse en líneas, con una separación de 10 centímetros entre ellas, o de manera distribuida al voleo. Una vez concluida la siembra, las camas deben cubrirse con hojas, paja, costales o carrizo, con el objetivo de protegerlas de la intensa radiación solar, heladas o lluvias; a medida que las plántulas comienzan a emerger, es conveniente ir retirando gradualmente esta cobertura y aclararla. Finalmente, la sombra debe quedar a una altura de entre 20 y 30 centímetros sobre la cama de almácigo (IDMA, 2016).

#### **Repique – Siembra en Bolsas (tubetes)**

Es una etapa intermedia entre la germinación y el trasplante al sitio definitivo; consiste en separar las plántulas y colocarlas en tubetes y/o bolsas individuales de polietileno que contienen un sustrato previamente preparado y humedecido. Este procedimiento se realiza cuando las plantas presentan de 2 a 3 hojas y miden entre 1 y 2 cm de altura, procurando siempre que las raíces permanezcan rectas y no se doblen (IDMA, 2016).

#### **2.2.2. La bandeja o contenedor y los tubetes**

Los recipientes con formas y dimensiones variables que contienen el sustrato se conocen como contenedores; tienen un agujero en la base para permitir el drenaje del agua sobrante; el volumen de un contenedor establece la magnitud máxima que podrá llegar una planta que crezca en él. Por ejemplo, se emplean los más pequeños para la siembra de precisión en bandejas alveoladas (INTA, 2018).

Según MADES et al., (2021) la elección del contenedor adecuado es esencial en un vivero, ya que influye en todo el proceso de producción, incluyendo el sustrato,

las instalaciones, los métodos de cultivo, el transporte y la plantación; asimismo, existen dos tipos principales de contenedores: germinadores y de reproducción. Los germinadores se utilizan como semilleros para las primeras etapas de crecimiento; pueden ser bandejas con cavidades o sin divisiones, y su elección depende del tipo de semilla y método de siembra. Aunque las cavidades dificultan la siembra y el riego, ayudan a controlar hongos. Los contenedores de reproducción se usan para el desarrollo completo de las plantas en el vivero y, en ocasiones, hasta su plantación final; en algunos casos, las semillas se siembran directamente en estos recipientes por razones prácticas.

Según **Agromat**, (2018) el uso de bandejas y tubetes adecuados mejora la productividad y eficiencia en viveros, al colocarlas a la altura de la cintura, se logra un trabajo más cómodo y limpio; además, ofrecen múltiples beneficios como:

- **Control fitosanitario:** al mantener las plantas elevadas, se reduce el contacto con plagas, enfermedades y hongos.
- **Dirección de raíces:** las estrías internas guían el crecimiento hacia abajo y evitan nudos.
- **Auto-poda:** las raíces se podan solas al llegar al fondo del tubete, facilitando el trasplante sin estrés para la planta.
- **Durabilidad:** fabricados con polietileno reciclado, son resistentes y reutilizables por años.
- **Llenado rápido:** requieren menos tiempo y mano de obra que las bolsas tradicionales.
- **Manipuleo eficiente:** las bandejas portatubetes permiten mover, seleccionar y transportar plántulas con mayor facilidad, reduciendo pérdidas y optimizando el espacio del vivero

### **2.2.3. Sustratos para viveros**

Según **Pastor Sáez**, (1999), el término “sustrato” aplicado en la producción en viveros está referido a todo material sólido diferente del suelo, ya sea natural o sintético, mineral u orgánico puestos en un contenedor ya sea mezclado o puro, sirven de anclaje de las plantas por medio de su sistema radicular; asimismo el sustrato puede participar o no en el proceso de nutrición de las plantas.

Al respecto **Cruz-Crespo et al.**, (2013), menciona que existen diversas definiciones sobre el término sustrato aplicado a la horticultura, asimismo indica que es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para su óptimo desarrollo; también pueden suministrar requerimientos de nutrientes las cuales pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros y que son colocados en un contenedor.

#### **A. Origen de los sustratos**

Según **Raviv et al.**, (2019), el cultivo sin suelo, es decir en contenedores incluyendo a los sustratos como parte de la producción es una técnica que los Egipcios lo hicieron hace casi 4000 años, las cuales fueron representados en las pinturas naturales encontradas en el templo de Deir el Bahari donde se mostraba lo que parece ser el primer caso evidenciado de plantas cultivadas en contenedores; asimismo dos grandes sucesos fueron claves para el avance de la producción de plantas en contenedores, el primero fue la comprensión de los requerimientos nutricionales de las plantas que fue iniciado por científicos franceses y alemanes en el siglo XIX y perfeccionado por los científicos estadounidenses e ingleses en la primera mitad del siglo XX; el segundo paso fue darse cuenta que la eliminación de organismos patógenos mediante la desinfestación era posible en la producción en contenedores.

**Cruz-Crespo et al., (2013)**, mencionan que desde que se introdujo el cultivo en contenedor, se ha planteado un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional, apareciendo de esta manera los sustratos en sus distintas variantes para poder sustituir al suelo.

Al respecto **Gayosso Rodríguez et al., (2016)**, indican que la producción en sustratos se inició en los años sesenta en los Países Bajos, con sustratos como turba, la arena, la arcilla, perlita y vermiculita, mientras que en los años ochenta se diversificaron y surgieron los residuos y subproductos como la fibra de coco.

## **B. Clasificación de los sustratos**

Según **Florián Martínez & Roca, (2011)**, los sustratos se clasifican de la siguiente manera:

Según sus propiedades; dentro de ello tenemos a los *sustratos químicamente inertes* como la arena silíceo o granítica, grava, roca volcánica, perlita, lana de roca, arcilla expandida, etc.; y los *sustratos químicamente activos* como las turbas rubias y negras, orujos, residuos de la industria maderera, vermiculita, etc. La diferencia de ambos grupos de sustratos está dada por su capacidad de intercambio catiónico (CIC); es decir cuando la CIC es mínima o nula el sustrato actúa de forma exclusiva como medio de soporte físico para las plantas los cuales son empleados en el cultivo hidropónico, mientras que los sustratos químicamente activos acumulan nutrientes formando reservas para que las plantas puedan utilizarlas durante su permanencia en el contenedor.

Según su origen; podemos encontrar en un primer grupo los: **materiales orgánicos** tanto los *naturales* (turba rubias y negras, fibra de coco, subproductos de actividades agrícolas, urbanas e industriales) y los  *sintéticos* (polímeros de la industria de los plásticos no biodegradables, como poliuretano, poliacrilamida y

poliestireno); en el segundo grupo tenemos a los *minerales* que también pueden ser *naturales* (arenas, gravas, gravas volcánicas entre otros) y los *tratados* (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, escorias industriales de altos hornos, estériles del carbón, entre otros).

### C. Propiedades de los sustratos

Entre las propiedades y/o características de los sustratos se tiene a los siguientes:

**Propiedades mecánicas;** esta propiedad hace referencia a que los sustratos deben mantener estable su estructura a lo largo del ciclo del cultivo, sin degradarse para poder evitar las lesiones de las raíces y el cuello de las plantas, en caso de que el sustrato sea frágil y se fragmente en partículas más pequeñas, esto provocaría la reducción de la porosidad y la capacidad de aireación limitando de esta manera la supervivencia de las raíces (**Florián Martínez & Roca, 2011**).

**Propiedades químicas;** respecto a esta propiedad los sustratos orgánicos son los que varían en el contenido de nutrientes asimilables en comparación con los sustratos inertes, las mismas que dependen de su origen y grado de descomposición; por ello es convenientes conocer el contenido de elementos disponibles como:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , Mo,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y B (**Gayosso Rodríguez et al., 2018**); además de las características químicas como la capacidad de intercambio catiónico, pH, la relación C/N, la capacidad tampón y contenido de nutrientes, conductividad eléctrica (CE) (**Pastor Sáez, 1999**).

*Capacidad de intercambio catiónico (CIC);* es una medida de la capacidad de retención de nutrientes, el cual depende principalmente del pH, el contenido, composición de la materia orgánica y arcilla de la fase sólida, la misma que se incrementa según lo hace el pH (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

*Relación C/N*; esta relación se utiliza como un indicador del origen, el grado de madurez y la estabilidad de la materia orgánica (**Gayosso Rodríguez et al., 2016**).

*Capacidad tampón*; o también denominado capacidad de amortiguamiento del pH, esta propiedad depende del tipo de sustrato (orgánico o inorgánico), en términos generales aquellos materiales orgánicos con una elevada CIC la capacidad de amortiguamiento será mayor frente a los cambios de pH (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

*Contenido de nutrientes*; el contenido nutrimental entre los sustratos es muy variable, pero aquellos materiales compostados en su mayoría presentan un elevado nivel de nutrientes asimilables en comparación con otros sustratos orgánicos (a base de corteza de pino) o con los sustratos inorgánicos generalmente inertes (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

*Conductividad eléctrica (salinidad)*; esta propiedad se determina por la cantidad de iones en la solución, donde una concentración alta provoca un potencial hídrico bajo, el cual puede causar pérdida de agua en las plantas, por ende, es recomendable que los sustratos deben tener un contenido bajo de sales ( $\leq 2$  dS/m) (**Gayosso Rodríguez et al., 2016**).

*pH*; el rango óptimo se considera entre 5 a 6.5, asimismo se deben descartar aquellos sustratos con alto contenido de carbonato de calcio por que ocasionan problemas con la disponibilidad de los iones para las plantas (**Florián Martínez & Roca, 2011**).

**Propiedades biológicas**; está referida a las propiedades de los materiales orgánicos, cuando estos no son de síntesis, son inestables termodinámicamente, consecuentemente susceptibles de degradación por medio de reacciones químicas

de hidrólisis o mediante la acción de microorganismos; dentro de estas propiedades se destacan: (i) el contenido de materia orgánica y (ii) el estado y velocidad de descomposición (**Pastor Sáez, 1999**).

**Propiedades físicas;** Según **Pastor Sáez, (1999)**, estas propiedades vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Ente las propiedades físicas destacadas tenemos:

*Densidad real;* es la expresión de la relación entre la masa del material seco a 105° C y el volumen real ocupado por las partículas, sin incluir el espacio de poros intermedio (**Florián Martínez & Roca, 2011**).

*Densidad aparente;* se define como la masa seca contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo, depende del grado de compactación y del tamaño de partícula (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

*Distribución granulométrica;* es la distribución de las partículas como porcentaje de la masa de cada fracción de tamaño, en relación con la masa total seca al aire (**Florián Martínez & Roca, 2011**).

*Porosidad y aireación;* el espacio poroso total es el volumen combinado de las fases acuosa y gaseosa y se expresan como porcentaje del volumen total del medio; asimismo está relacionado con la forma, tamaño y la disposición de las partículas del medio; por otro lado la aireación es uno de los factores importantes ya que influye en la fertilidad del suelo, así como en el contenido de agua y nutrientes (**Wallach, 2019**).

*Retención de agua;* esta propiedad está referida a la cantidad de agua retenida por el sustrato en el contenedor, después de haber sido drenado; esta propiedad depende del tamaño de partículas utilizadas, así como de la naturaleza de los materiales empleados (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

*Permeabilidad*; es la propiedad que regula la penetración y circulación del aire y del agua, determinando de manera decisiva la fragmentación, alteración y translocación de los materiales; la misma que está condicionada por la textura y la estructura de los sustratos (**Dorronsoro, 2011**).

*Distribución de tamaños de poros*; la estructura del medio poroso consta de una red 3D de poros, donde el tamaño y la conectividad de los mismos juegan un papel importante en las características del flujo de agua y el transporte de solutos a través del suelo; siendo los poros grandes los caminos disponibles para el intercambio de gases entre el sustrato y la atmósfera (**Wallach, 2019**).

**Pastor Sáez, (1999)**, menciona que las propiedades de tipo físico resultan de enorme importancia para un correcto desarrollo de las plantas, ya que estas se hacen inmodificables cuando se encuentren en el contenedor, en especial el binomio “retención de agua – aireación”, condición responsable del éxito o fracaso en la utilización de un determinado sustrato; entre los principales parámetros que definen a las propiedades físicas son:

Agua fácilmente disponible (AFD); es la cantidad de agua (% en vol.) liberada cuando se tiene una tensión en el sustrato entre 10 y 50 cm de columna de agua, el valor óptimo es de 20 a 30 %. Agua de reserva (AR); es la cantidad de agua (% en vol.) liberada cuando hay una tensión entre 50 y 100 cm de columna de agua en el sustrato, el valor óptimo es de 4 a 10 %. Agua difícilmente disponible (ADD); es el agua (% en vol.) que queda retenida en el sustrato después de aplicar una tensión de 100 cm de columna de agua. Capacidad de aireación (CA); es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después de haber sido saturado y dejado drenar, el valor óptimo es entre 10 y 30 %. Espacio poroso total (EPT); es el volumen total del sustrato que no está ocupado por partículas orgánicas o

minerales, el cual se determina a partir de las densidades real y aparente, el valor óptimo es cuando alcanza niveles superiores a 85 %.

#### **D. Criterios para la selección de los sustratos**

Según **Cruz-Crespo et al.**, (2013), para poder elegir un material como sustrato es necesario considerar varios aspectos para tener un crecimiento óptimo de las plantas. Al respecto **Pastor Sáez**, (1999), menciona que no existe un sustrato ideal, sino un sustrato adecuado para un caso en concreto, el mismo que dependerá de varios factores como: el tipo de planta que se produce, etapa del proceso productivo (germinación de las semillas, prendimiento de estacas, crecimiento, etc.), condiciones climatológicas y fundamentalmente el manejo del sustrato; por lo tanto los criterios y/o requerimientos que un sustrato debe tener son:

Poseer propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento. Bajo costo. Disponibilidad en la región o zona. Se debe considerar la relación beneficio/costo. Facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales.

#### **E. Ventajas**

Según **Cruz-Crespo et al.**, (2013) las ventajas al usar los sustratos en la producción hortícola son los siguientes:

Menor control de plagas y enfermedades que afectan a la raíz de una gran diversidad de plantas hortícolas cuando son sembradas en el campo de manera convencional.

Reduce la problemática al manejo de los desechos sólidos, al poder transformarlos y utilizarlos en la producción hortícola.

Los sustratos orgánicos transformados mediante el compostaje o vermicompostaje proveen propiedades adecuadas para el crecimiento de los

cultivos hortícolas al presentar mayor retención de agua, incremento en la capacidad de intercambio catiónico y una mejor capacidad de aireación.

Mayor facilidad de transporte de plantas.

## **F. Desventajas**

**Pastor Sáez, (1999)**, menciona que a nivel práctico existen varios factores que pueden condicionar de manera decisiva el éxito o fracaso de la utilización de los sustratos, y entre ellos son:

El manejo inadecuado del agua sobre un buen sustrato (desde el punto de vista físico y químico) puede resultar deficiente en la producción de las plantas.

El precio de los sustratos en ocasiones resulta ser elevado para los pequeños productores de cultivos hortícolas, ello debido al lugar de procedencia y/o transporte del sustrato.

Ocasionalmente la disponibilidad de los sustratos resulta una desventaja debido a que estos no se encuentran durante todo el año a disposición de los productores.

### **2.2.4. Ácidos húmicos**

El componente orgánico del suelo está principalmente relacionado con la productividad y el desarrollo benéfico de las plantas (**Zamboni et al., 2006**); donde la materia orgánica está conformada por una mezcla de residuos animales y vegetales en distintos estados de descomposición (**Lobartini & Orioli, 1996**); el proceso de estabilización de la materia orgánica se conoce como “humus”, los subproductos de la estabilización son los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas, los mismos que en conjunto son denominados “sustancias húmicas” (SH) (**Fertilab, 2018b**).

Según (**Artal, 2021**), las sustancias húmicas representan hasta el 80 % del TOC (Carbono Orgánico Total) del suelo; estos compuestos orgánicos se encuentran

disueltos en aguas naturales y están formados por la degradación microbiana de la materia vegetal muerta, como la lignina y el carbón, un proceso similar a la “humificación”. Estas sustancias son de color oscuro, de naturaleza mayoritariamente hidrofílica, presentando propiedades de superficie y carga variable y con pesos moleculares elevados (**Fertilab**, 2018a).

### ***Composición de las sustancias húmicas***

Existen innumerables trabajos de investigación sobre la composición química de las sustancias húmicas para poder justificar y entender sus propiedades físico – químicas, pero estas no tienen una estructura definida, sino que por el contrario varían dependiendo del origen, del método de extracción y otros parámetros (**Lobartini & Orioli**, 1996); sin embargo, las similitudes existentes entre diversas sustancias húmicas son más numerosas que sus diferencias (**Mora Blas**, 2017); pero los avances técnicos y analíticos han permitido que en el tiempo se hayan ido empleando distintos métodos de estudio de las sustancias húmicas entre ellos: el análisis elemental, espectroscopía de infrarrojos (IR), resonancia magnética nuclear (RMN), pirolisis espectroscopia de masas (Py-GS/MS), junto con programas informáticos que permiten el cálculo de los ángulos y las distancias de enlace, así como del diseño de moléculas de gran complejidad, los cuales han permitido establecer que están constituidas fundamentalmente por C, H, O, N, S y P (**Oliver Albert**, 2009).

**Tabla 1.** Intervalos usuales para la composición elemental de las sustancias húmicas.

Elementos	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos
Carbono (C)	53.8 – 58.7 (%)	40.7 – 50.6 (%)
Oxígeno (O)	32.8 – 38.3 (%)	39.7 – 49.8 (%)
Hidrógeno (H)	3.2 – 6.2 (%)	3.8 – 7.0 (%)
Nitrógeno (N)	0.8 – 4.3 (%)	0.9 – 3.3 (%)
Azufre (S)	0.1 – 1.5 (%)	0.1 – 3.6 (%)
Fósforo (P)	0.1 – 1 (%)	0.1 – 1 (%)
Acidez total	560 – 890 (me/100g)	640 – 1420 (me/100g)
Grupos carboxílicos	150 – 570 (me/100g)	520 – 1120 (me/100g)
Grupos fenólicos	210 – 570 (me/100g)	30 – 570 (me/100g)

Fuente: **Oliver Albert**, (2009) y **Lobartini & Orioli**, (1996);

Según **Fertilab**, (2018a), existen diversos materiales orgánicos que bajo ciertos procesos de mineralización forman concentraciones diferentes de sustancias húmicas, donde cada uno de estos materiales permitirá una concentración específica de estas sustancias, por tanto, la riqueza de las sustancias húmicas del producto final depende de los materiales que han sido adicionados en el suelo o utilizados en el compostaje; asimismo menciona que estudios realizados en soluciones nutritivas que fueron enriquecidas con ácidos húmicos y fúlvicos, determinaron que los ácidos fúlvicos son más eficientes al momento de mantener el estado nutricional de las plantas, con concentraciones entre 150 – 300 mg/L, de ácidos fúlvicos en las soluciones.

Al respecto **Vázquez Vázquez**, (2013), menciona que existen un gran número de materiales que pueden ser considerados fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, pero de todos ellos, la Leonardita se destaca por ser el mejor producto base para su obtención.

**Tabla 2.** Contenido en ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales.

Material	Ácidos húmicos (%)	Ácidos fúlvicos (%)
Leonardita/Humatos	40	85
Turba negra	10	20
Carbón bituminoso	10	30
Estiércol	4	15
Compost	2	5
Tierra jardín	1	5
Lodos de depuradora	1	5
Carbón	0	1
Humus de lombriz	2.8	1.5

Fuente: **Fertilab**, (2018a) y **Vázquez Vázquez**, (2013),

Según **Jordán López**, (2006), los ácidos húmicos constituyen la fracción soluble del humus, son compuestos que tienen un carácter anfótero formados por un núcleo central con grupos funcionales estables (radicales libres del tipo de las semiquinonas) y una serie de cadenas alifáticas asociadas con los grupos carboxilo, hidroxilo y quinonas orientados hacia la superficie externa; asimismo este grupo de sustancias puede subdividirse en otros dos:

- a. Los ácidos húmicos (en sentido estricto); son aquellas fracciones húmicas solubles en el agua a pH neutro o básico, que pueden ser extraídos del suelo mediante diversos reactivos y precipitan en un medio ácido; además son el principal componente extractable, poseen un color pardo oscuro a negro, con un peso molecular superior a 60 000; asimismo, interaccionan con las arcillas y se componen de 50 – 62 % de carbono orgánico (**Fertilab**, 2018b; **Jordán López**, 2006).
- b. Los ácidos fúlvicos; estos constituyen la fracción de las sustancias húmicas solubles en el agua independientemente del pH, permaneciendo en la solución después de la precipitación de los ácidos húmicos después de la acidificación del

medio; estos ácidos reflejan la naturaleza de las plantas y especies de los microorganismos que les dieron origen durante el proceso de humificación, debido a ello presentan el color amarillo claro a pardo amarillento con un peso molecular menor a 60 000; tienen menos carbono orgánico que los ácidos húmicos (43 – 52 %), y una reactividad más elevada, además son ricos en polisacáridos, fosfatos y otros aniones (**Fertilab**, 2018a, 2018b; **Jordán López**, 2006).

### ***Características de los ácidos húmicos***

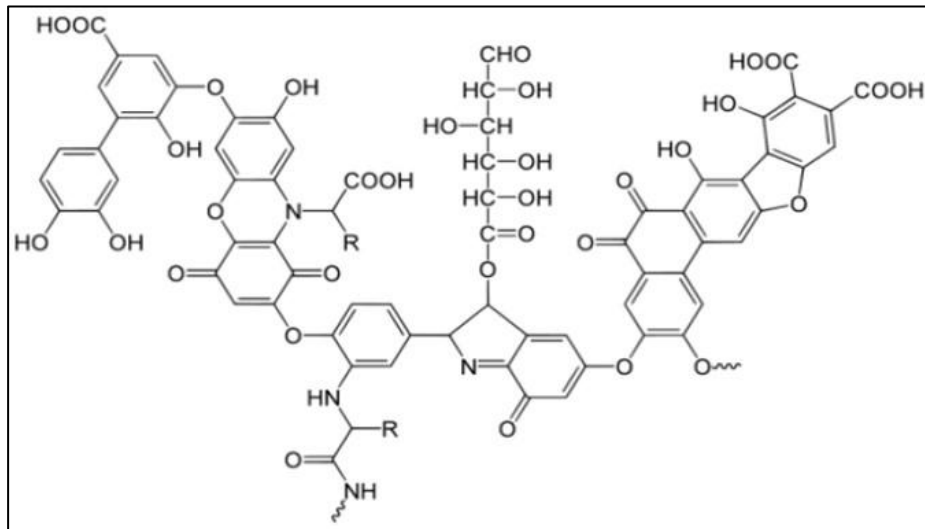
Según **Artal**, (2021), los ácidos húmicos presentan las siguientes características:

- ✓ Tiene un mayor peso molecular que el ácido fúlvico (100 000 Da, en el ácido húmico y 500 Da en el ácido fúlvico).
- ✓ Existe una mayor capacidad de intercambio catiónico.
- ✓ Mayor capacidad de retención de agua.
- ✓ Presentan una acción más lenta en la planta en comparación con los ácidos fúlvicos (que son más rápidos).
- ✓ Posee una mayor persistencia en el suelo y en la planta en comparación con los ácidos fúlvicos.

### ***Estructura química de los ácidos húmicos***

Según **Vázquez Vázquez**, (2013), los ácidos húmicos presentan una estructura macromolecular aromática compleja con aminoácidos, azúcares, péptidos y compuestos alifáticos que participan en la unión entre los grupos aromáticos, por lo tanto, contienen grupos OH, fenólicos, estructuras quinónicas, N y O como puentes y grupos COOH aromáticos, como se muestra en la figura 1.

**Figura 1.** Modelo de la estructura química de los ácidos húmicos.



Fuente: **Artal**, (2021)

**Schulten**, (1996, como se citó en **Oliver Albert**, 2009), propuso una estructura química para los ácidos húmicos, el cual estaba conformada por unidades pentadecámeras, predominando los anillos aromáticos que se encuentran enlazados con cadenas alifáticas de diferente longitud; por lo tanto, este complejo estaría formado por 11370 átomos, siendo su composición elemental  $C_{4728}$   $H_{5223}$   $N_{75}$   $O_{1344}$  y una masa molecular de 84607.88 (g/mol), donde el 67.12 % es C el 6.22 % H, el 1.24 % N y un 25.42 % es O.

### ***Beneficios de los ácidos húmicos***

Según **Oliver Albert**, (2009), para que las sustancias húmicas puedan ejercer sus efectos directos sobre las plantas, estas deben ser absorbidas; los resultados obtenidos usando sustancias húmicas marcadas con  $C^{14}$ , muestran que los ácidos húmicos suelen acumularse en las raíces donde actúan principalmente y sólo una pequeña fracción se transporta a la parte aérea, mientras que los ácidos fúlvicos por ser moléculas de menor peso molecular, son absorbidos de forma más activa por las plantas y su transporte hacia la parte aérea es mayor.

Según **Artal**, (2021), los beneficios del uso de los ácidos húmicos a nivel del suelo, sistema radicular y crecimiento de las plantas son los siguientes:

- ✓ Mejoran la absorción de nutrientes mediante el aumento del poder amortiguador del suelo (capacidad tampón o buffer), y optimiza la absorción de N P K por parte de las plantas, manteniendo de esta manera una nutrición equilibrada.
- ✓ Mejoran la estructura del suelo, creando una distribución de migajas para una mejor ingesta de agua y oxígeno y una mejor penetración de las raíces.
- ✓ Disminuyen los efectos de los elementos en exceso (principalmente del sodio), químicos tóxicos y metales pesados.
- ✓ Reducen las pérdidas de nitrato en el agua subterránea.
- ✓ Estabilizan los niveles de nitrógeno y mejoran su eficiencia (como aditivo con urea).
- ✓ Promueven la germinación de semillas en menos tiempo.
- ✓ Promueven la producción de plantas más saludables y fuertes; mejorando su resistencia a diferentes fuentes de estrés como el frío, la sequía, las plagas, las enfermedades, etc.

### 2.3. Definición de términos básicos

- ✓ **Contenedor;** El término contenedor aplica a cualquier tipo de recipiente que aloja un sustrato y en el cual se desarrolle una planta (Gayosso Rodríguez et al., 2016).
- ✓ **Plántula;** Es el embrión ya desarrollado como consecuencia de la germinación, o sea, es una plantita recién nacida donde aún se distinguen algunas partes de la semilla como los cotiledones y donde ya se forman la o las primeras hojas denominadas protófilos u hojas primordiales o primarias y que, casi siempre, son diferentes a las hojas normales (nomófilos) de la planta adulta, existiendo una transición entre ambas (Troiani et al., 2017)

- ✓ **Sustrato;** Es el material sólido natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado que en un contenedor permite el anclaje del sistema radical, da soporte a la planta e interviene o no en su nutrición (Gayosso Rodríguez et al., 2016)
- ✓ **Turba;** Son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen (Andreau et al., 2015)

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La incorporación del sustrato orgánico permite mejorar la calidad de la producción de plántulas aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

Existen diferencias significativas en los efectos de la aplicación de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.

Los tratamientos evaluados presentan diferencias estadísticas en la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2020.

## **2.5. Identificación de variables**

Los factores o variables en estudio en la presente investigación son los siguientes:

**Variable independiente;** Sustratos orgánicos y humus

- Tierra negra
- Turba comercial
- Compost

- Mezcla 3:2:1.

**Variable dependiente;** Producción de plántulas de aguaymanto cuyos indicadores son:

- Porcentaje de emergencia
- Numero de hojas por planta
- Vigor de la planta
- Altura de plantas
- Diámetro de tallo

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN O FACTOR A MEDIR	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
V.I. *	Son aquellos medios de cultivo no sintéticos que se utilizan para el cultivo de plantas en contenedores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tierra negra</li> <li>➤ Turba comercial</li> <li>➤ Compost</li> <li>➤ Mezcla 3:2:1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CIC</li> <li>➤ pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ meq/lt.</li> <li>➤ pH.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Razón</li> <li>➤ Intervalo</li> </ul>
V.D. **	Material genético producido en un vivero de uso agrícola y/o forestal.	Características fenotípicas del cultivo de aguaymanto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Porcentaje de emergencia</li> <li>➤ Numero de hojas por planta</li> <li>➤ Vigor de la planta</li> <li>➤ Altura de plantas</li> <li>➤ Diámetro de tallo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %</li> <li>➤ Unidad</li> <li>➤ Unidad</li> <li>➤ Centímetros</li> <li>➤ Centímetros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Razón</li> <li>➤ Razón</li> <li>➤ Nominal</li> <li>➤ Razón</li> <li>➤ Razón</li> </ul>

\* V.I. = Variable Independiente.

\*\* V.D = Variable Dependiente

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La presente es una investigación del tipo aplicada, porque busca resolver problemas prácticos, como en este caso, mejorar la producción y disponibilidad de plántulas de aguaymanto usando sustratos orgánicos, para su comercialización a los productores del distrito de Paucartambo.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Tiene nivel de investigación aplicada

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación utilizado en la presente investigación es el experimental, debido a que se manipuló la variable independiente que fueron los sustratos orgánicos, los cuales fueron llenados en los contenedores para luego evaluar su efecto en las características fenológicas de las plántulas de aguaymanto como son: el porcentaje de germinación, número de hojas por planta, vigor de la planta, altura de plantas y diámetro de plantas; donde la observación y las fichas de recolección de datos

fueron la técnica y el instrumento utilizado respectivamente; las características de las bandejas y el campo experimental fueron las siguientes:

**Bandejas:**

Número de bandejas	16
Largo de la bandeja	60.0 cm.
Ancho de la bandeja	40.0 cm.
Altura de bandeja	16.0 cm.
Peso de bandeja	1 260 gr.
Celdas por bandeja	54.

**Bloques:**

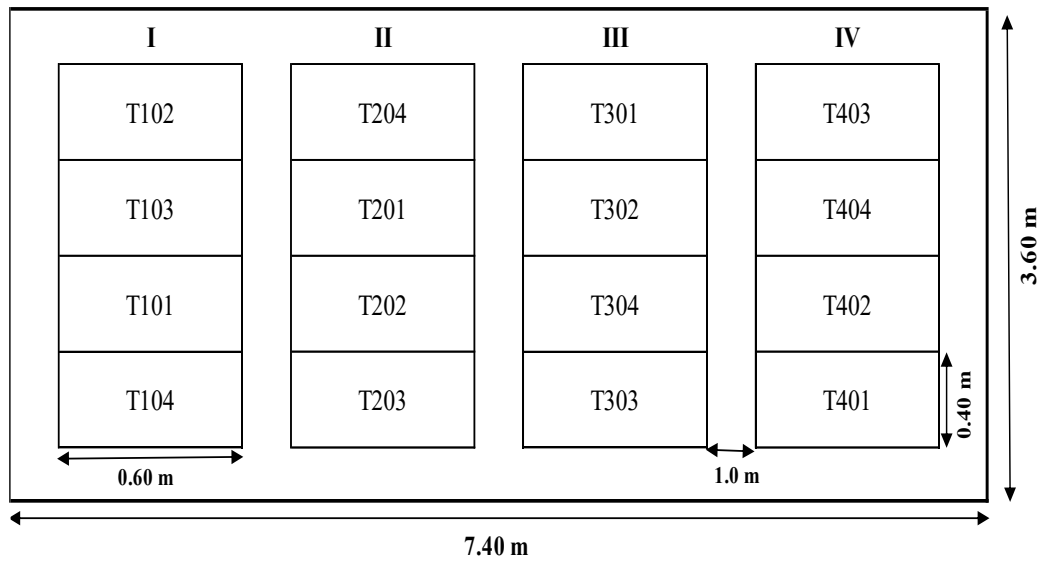
Número de bloques	:	4
Tratamientos por bloque	:	4
Longitud del bloque	:	1.60 m.
Ancho de bloque	:	0.60 m.
Área total del bloque	:	0.96 m <sup>2</sup> .

**Dimensiones del campo experimental:**

Longitud del campo experimental	:	7.40 m.
Ancho del campo experimental	:	3.60 m.
Área de calles	:	22.80 m <sup>2</sup>
Área total del campo experimental	:	26.64 m <sup>2</sup> .

El croquis del campo experimental y el detalle de las parcelas (bandejas) con la cual se condujo el presente experimento se muestran en la figura 2, y figura 3 respectivamente.

*Figura 2. Detalle del croquis del campo experimental.*



*Figura 3. Detalle de la parcela experimental.*



### 3.4. Diseño de investigación

#### a) Diseño experimental

El Diseño experimental que se empleó fue el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales.

## b) Modelo matemático

Considerando que todos los factores en estudio fueron tomados al azar y que se encuentran cruzados a la media, el modelo estadístico lineal aditivo, en donde se ajustan el análisis de varianza es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$  sustratos orgánicos

$j = 1, 2, 3, 4$  bloques

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en la  $i$ -ésimo sustrato orgánico y el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto de la  $i$ -ésimo sustrato orgánico

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

## 3.5. Población y muestra

### 3.5.1. Población

La población del presente experimento está conformada por todas las unidades de las 16 bandejas, las cuales contienen 54 tubetes, lo que da como resultado 864 unidades experimentales.

### 3.5.2. Muestra

La muestra es la proporción del universo en la cual se va intervenir directamente, la misma que está conformada por 16 tubetes de la parte central de cada bandeja, como se tuvo 16 bandejas, el total de la muestra del experimento fue de 256 tubetes o unidades experimentales.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

La recolección de los datos del porcentaje de emergencia, número de hojas por planta, vigor de la planta, altura de plantas y el diámetro de plantas fue principalmente a través de la técnica de la observación sistemática o controlada, las mismas que fueron hechas en forma manual.

#### **3.6.2. Instrumentos**

Las fichas fue uno de los instrumentos que nos permitió registrar la información, asimismo la libreta de campo, permitió registrar las observaciones de la variable dependiente y de las diferentes actividades del experimento; además contamos con las placas Petri para realizar las observaciones del porcentaje de germinación, el vernier para medir la altura y el diámetro de las plantas, las escalas de valoración para el vigor de las plantas.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

En esta investigación se seleccionaron herramientas correspondientes a la estadística inferencial y se utilizaron para probar hipótesis a través de un diseño completamente al azar (DBCA), para trabajos realizados bajo ciertas condiciones controladas o en invernadero. Los mismos que fueron presentados en la tabla de análisis de varianza, donde las fuentes de varianza son: los bloques, los tratamientos (los cuatro sustratos), el error experimental; Así mismo los grados de libertad para los bloques, los tratamientos y el error experimental; la suma de cuadrados, los cuadrados medios, la F calculada, la F tabular para los niveles del 95 % y 99 % y su significación correspondiente. Y por último el coeficiente de variación que debe ser menor al 30 %, para poder establecer su validez y confiabilidad de los datos registrados durante las observaciones realizadas en la conducción del experimento.

### 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de los datos se realizó mediante el análisis de varianza para el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), para lo cual se utilizó el software estadístico InfoStat 2020, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para validar el grado de confiabilidad de cada uno de los parámetros evaluados.

### 3.9. Tratamiento estadístico

En la presente investigación se tuvo cuatro tratamientos, tal como se detalla en la tabla 3:

*Tabla 3. Ordenamiento de los tratamientos en estudio*

CLAVE	TRATAMIENTO
T1	Tierra negra + humus
T2	Turba comercial + humus
T3	Compost + humus
T4	Mezcla 3:2:1 + humus

Fuente: Elaboración propia.

### 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación ética de la presente investigación intitulada “Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de aguaymanto (*Physalis peruviana*), en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020”, tiene como destinatario los productores de aguaymanto de nuestro distrito, para que puedan instalar sus campos con plántulas con las características fenotípicas deseables u óptimas como es la altura de planta, diámetro del tallo, el número de hojas y el vigor respectivo, garantizando de esta manera el prendimiento y producción en campo, para un mayor beneficio económico al momento de la comercialización de sus cosechas.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

La secuencia que tuvo la presente investigación experimental a nivel de vivero es el siguiente:

##### 4.1.1. Reconocimiento del sistema e inspección técnica

###### *Ubicación política y geográfica*

La ubicación política y geográfica de la presente investigación que se llevó a cabo en el Centro Experimental UNDAC – Agronomía; predio perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Sección Paucartambo durante los meses de mayo del 2020 a setiembre del 2020 es como sigue:

Región	:	Pasco
Provincia	:	Pasco
Distrito	:	Paucartambo
Altitud	:	2800 m.s.n.m.
Longitud oeste	:	75° 48' 39''
Latitud sur	:	10° 46' 13''

### ***Antecedentes del campo experimental***

En el terreno donde se llevó a cabo la presente investigación en el cultivo de aguaymanto, no se instaló ningún cultivo es decir estuvo libre.

#### **4.1.2. Instalación y conducción del experimento**

##### ***Adquisición de la semilla***

Las semillas de aguaymanto que se utilizaron en la presente investigación fueron procedentes de la región de Cajamarca, las mismas que estuvieron previamente desinfectadas.

##### ***Preparación de los sustratos***

Los sustratos motivo de la investigación fueron: La tierra negra, la turba comercial, el compost y el sustrato preparado denominado mezcla 3:2:1.

Para el caso del sustrato preparado se procedió a realizar un tamizado de sus componentes utilizando un tamiz No. 10 de 2 mm de abertura, con la finalidad de poder obtener un tamaño homogéneo de las partículas, que permitirá una proporción adecuada de macro y microporos; posterior a ello todos los sustratos se colocaron en los tubetes y bandejas según tratamiento.

##### ***Preparación y desinfección de las bandejas y tubetes***

Las bandejas germinadoras fueron de material plástico, de 60 cm de largo por 40 cm de ancho y altura de 16 cm, con capacidad para germinar 54 semillas por bandeja, las cuales fueron lavadas y desinfectadas con una solución de agua y yodo a razón de 2 ppm/litro.

##### ***Siembra***

Se efectuaron la siembra (una semilla por golpe) en cada una de las bandejas distribuidas de acuerdo al diseño experimental establecido.

## ***Riegos***

Se realizaron riegos manuales en las primeras horas de la mañana y en la tarde, utilizando una ducha.

### **4.1.3. Observaciones registradas**

#### ***En el campo***

##### a) Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia se evaluó a los 15 días después de la siembra, mediante un conteo de las plántulas emergidas en toda la bandeja en cada uno de los tratamientos en estudio.

##### b) Número de hojas por planta

El número de hojas por plántula se determinó a los 15, 50 y 59 días de la siembra, registrando a 16 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

##### c) Vigor de la planta

La evaluación fue en forma visual a los 15 y 50 días después de la siembra, para ello se utilizó la siguiente escala:

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
1	Malo	Plantas pequeñas, con pocas hojas, plantas débiles, tallos muy delgados.
2	Regular	Plantas con características normales o intermedias.
3	Bueno	Plantas robustas, con tallos gruesos y abundante follaje de color verde oscuro.

d) Altura de plantas

La altura de planta se tomó a los 15, 50 y 59 días después de la siembra, midiendo desde la base del sustrato hasta el ápice de la última hoja verdadera, con la ayuda de una regla graduada, a 16 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta.

e) Diámetro de tallos

Se midió el diámetro en milímetros (mm) en la base del tallo de las 16 plántulas tomadas al azar de la parcela neta de cada uno de los tratamientos, para ello se utilizó un vernier, las observaciones fueron a los 15, 50 y 59 días después de la siembra.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Porcentaje de emergencia

El registro de la presente evaluación se encuentra en la tabla B1 de los anexos. La tabla 4 nos muestra el análisis de varianza, donde observamos que no hubo diferencias estadísticas significativas para los bloques y entre los tratamientos en estudio con respecto al porcentaje de emergencia; asimismo el coeficiente de variación es de 9.98 %, el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones similares.

**Tabla 4.** *Análisis de variancia del porcentaje de emergencia.*

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	368.75	122.92	1.46	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	518.75	172.92	2.06	3.86	6.99	N.S.
Error Exp.	9	756.25	84.03				
TOTAL	15	1643.75					

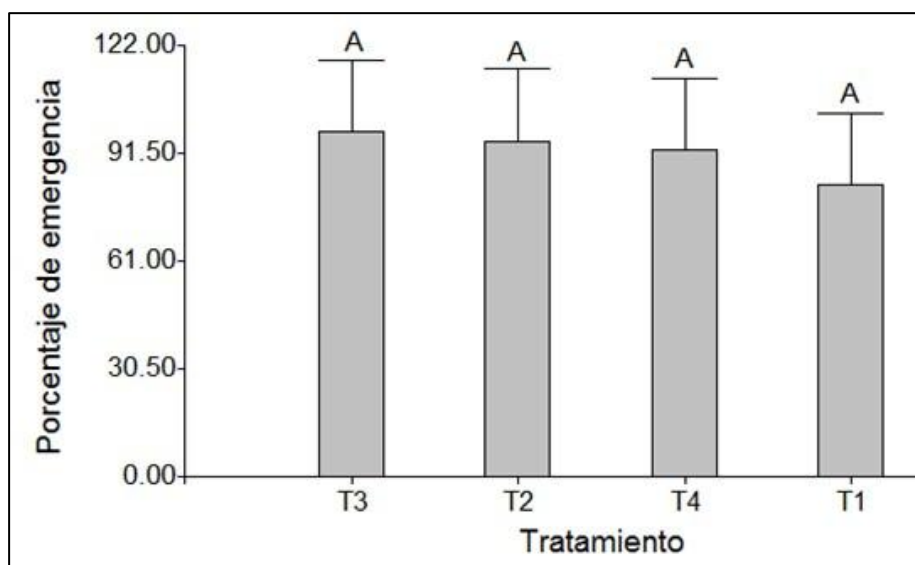
C.V. = 9.98 %

La prueba estadística de Tukey al 95 % de probabilidad (tabla 5 y figura 4) de los promedios de los tratamientos en estudio, nos indica también que no hubo diferencias estadísticas significativas entre sí, los promedios de emergencia estuvieron comprendidos entre 97.50 % perteneciente al tratamiento T3 (sustrato de compost + humus) y 82.50 % del tratamiento T1 (suelo de paramo + humus).

**Tabla 5.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del porcentaje de emergencia.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T3	Compost + humus	97.50	A
2	T2	Turba comercial + humus	95.00	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	92.50	A
4	T1	Tierra negra + humus	82.50	A

**Figura 4.** Porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra.



#### 4.2.2. Número de hojas por planta

La evaluación del presente parámetro se realizó en tres oportunidades, las mismas que se detallan a continuación:

##### A. Primera evaluación del número de hojas por planta

Los datos registrados de la primera evaluación del número de hojas por planta se encuentran en la tabla B2 en la parte de anexos.

La tabla 6 nos muestra el análisis de varianza del presente parámetro donde podemos observar que para la prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad no existen diferencias estadísticas significativas para los promedios tanto de bloques y tratamientos; además el valor del coeficiente de variación es igual a 17.42 % el cual nos indica el grado de homogeneidad de las observaciones registradas en las unidades experimentales, las mismas que se encuentran dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Tabla 6.** *Análisis de variancia de la primera evaluación del número de hojas por planta.*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	3	0.20	0.07	0.36	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	2.03	0.68	3.62	3.86	6.99	N.S.
Error Exp.	9	1.68	0.19				
TOTAL	15	3.91					

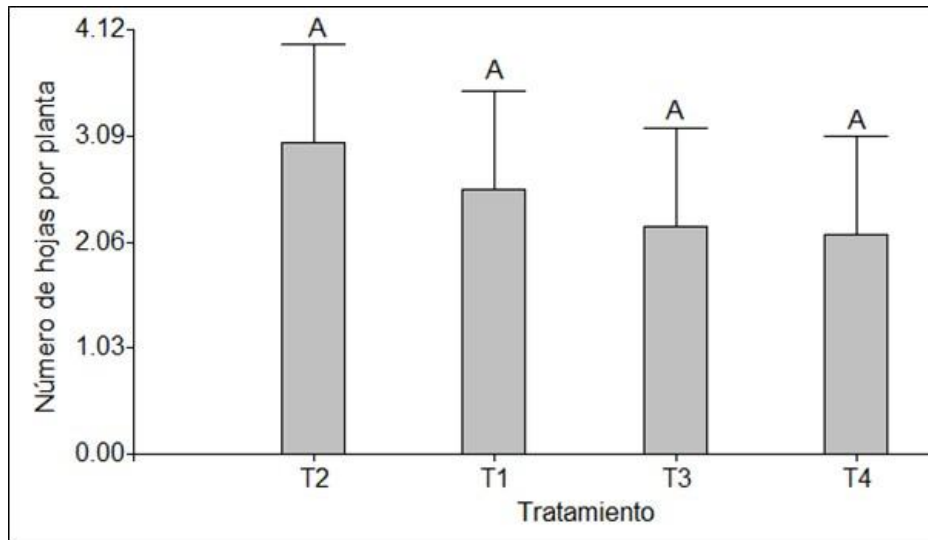
C.V. = 17.42 %

Al efectuarse la prueba estadística de Tukey al 95 % de probabilidad a los promedios de los tratamientos en estudio, observamos también que no hubo diferencias estadísticas significativas entre sí; asimismo podemos mencionar que los promedios estuvieron comprendidos entre 2.13 y 3.03 correspondientes a los tratamientos T4 y T2 respectivamente, las mismas que se muestran en la tabla 7 y figura 5.

**Tabla 7.** *Prueba de Tukey al 95 % probabilidad de la primera evaluación del número de hojas por planta.*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
1	T2	Turba comercial + humus	3.03	A
2	T1	Tierra negra + humus	2.58	A
3	T3	Compost + humus	2.21	A
4	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	2.13	A

**Figura 5.** Número de hojas por planta durante la primera evaluación.



### B. Segunda evaluación del número de hojas por planta

La prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad del análisis de variancia nos muestra que los promedios de los tratamientos presentaron diferencias estadísticas altamente significativas con respecto al número de hojas por planta durante la segunda evaluación como podemos observar en la tabla 8. El coeficiente de variación es de 11.86 % el mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos efectuados en condiciones de campo. Los datos de la presente evaluación se encuentran en la tabla B3 de los anexos.

**Tabla 8.** Análisis de variancia de la segunda evaluación del número de hojas por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.56	0.19	0.72	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	23.49	7.83	30.17	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	2.34	0.26				
TOTAL	15	26.39					

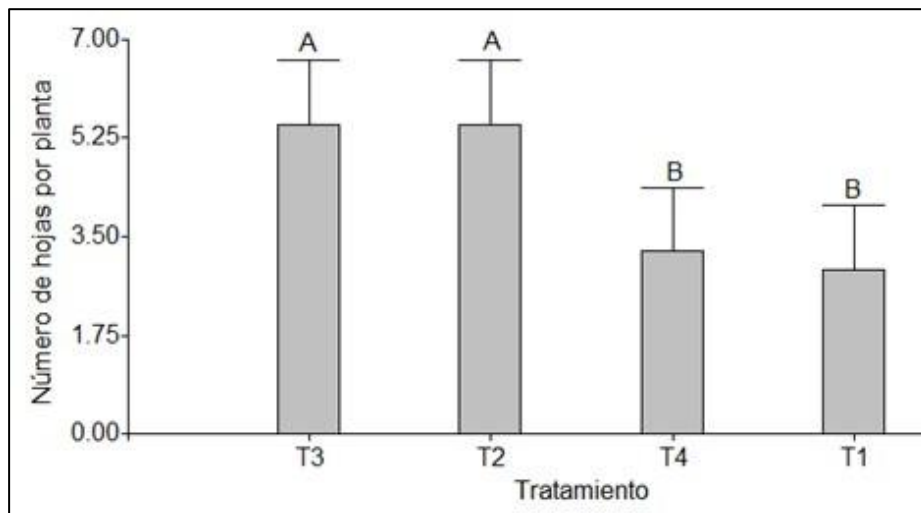
C.V. = 11.86 %

Asimismo, al realizarse la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad, encontramos que los promedios de los tratamientos T2, T1, presentan diferencias estadísticas significativas frente a los tratamientos T3 y T4, con respecto al número de hojas por planta durante la segunda evaluación; además los tratamientos representados con una misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí; como se muestran en la tabla 9 y figura 6.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey al 95 % probabilidad de la segunda evaluación del número de hojas por planta.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T3	Compost + humus	5.50	A
2	T2	Turba comercial + humus	5.50	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	3.25	B
4	T1	Tierra negra + humus	2.93	B

**Figura 6.** Número de hojas por planta durante la segunda evaluación.



### C. Tercera evaluación del número de hojas por planta

Al efectuarse el análisis de varianza a los datos registrados en la presente evaluación, observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio, asimismo no se encontraron diferencias estadísticas para los promedios de los bloques como se

muestran en la tabla 10; los datos que se registraron durante la evaluación se encuentran en la tabla B4 de la parte de anexos.

El coeficiente de variación es de 9.50 % el cual nos indica el grado de homogeneidad y confiabilidad de los datos registrados en la presente evaluación ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos para experimentos similares.

**Tabla 10.** *Análisis de variancia de la tercera evaluación del número de hojas por planta.*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	3	0.15	0.05	0.28	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	27.90	9.30	52.13	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	1.61	0.18				
TOTAL	15	29.66					

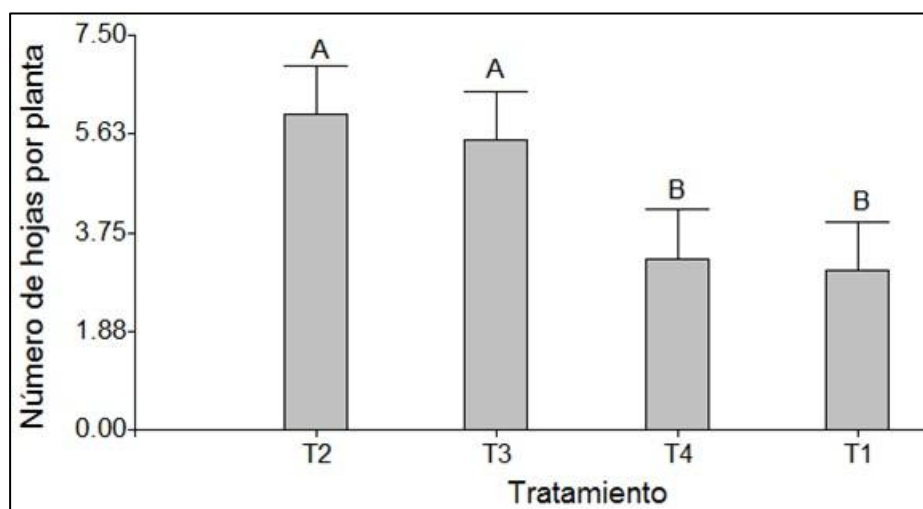
C.V. = 9.50 %

La figura 7 y la tabla 11, de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad nos muestra que los promedios de los tratamientos T1 y T2 son estadísticamente significativos a los promedios de los tratamientos T3 y T4 respectivamente, en relación al número de hojas por planta durante la tercera evaluación; los tratamientos representados con una misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

**Tabla 11.** *Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la tercera evaluación del número de hojas por planta.*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
1	T2	Turba comercial + humus	6.00	A
2	T3	Compost + humus	5.50	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	3.25	B
4	T1	Tierra negra + humus	3.03	B

*Figura 7. Número de hojas por planta durante la tercera evaluación.*



#### **4.2.3. Vigor de la planta**

La evaluación del vigor de las plantas se realizó en tres oportunidades, donde se consideró con un valor de 3 a las plantas que presentaban un buen vigor, mientras que con el valor de 2 un vigor regular y un valor de 1 aquellas que tenían un vigor malo; a continuación, se muestran los análisis respectivos para cada una de las evaluaciones.

##### **A. Primera evaluación del vigor de la planta**

En la tabla 12, la prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad del análisis de varianza, observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos utilizados en la presente investigación, asimismo no hubo significación entre los promedios de los bloques, el coeficiente de variación fue de 15.77 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos. Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla B5 de los anexos.

**Tabla 12.** Análisis de variancia del vigor de la planta durante la primera evaluación.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.4025	0.1342	1.1809	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	2.4525	0.8175	7.1956	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	1.0225	0.1136				
TOTAL	15	3.8775					

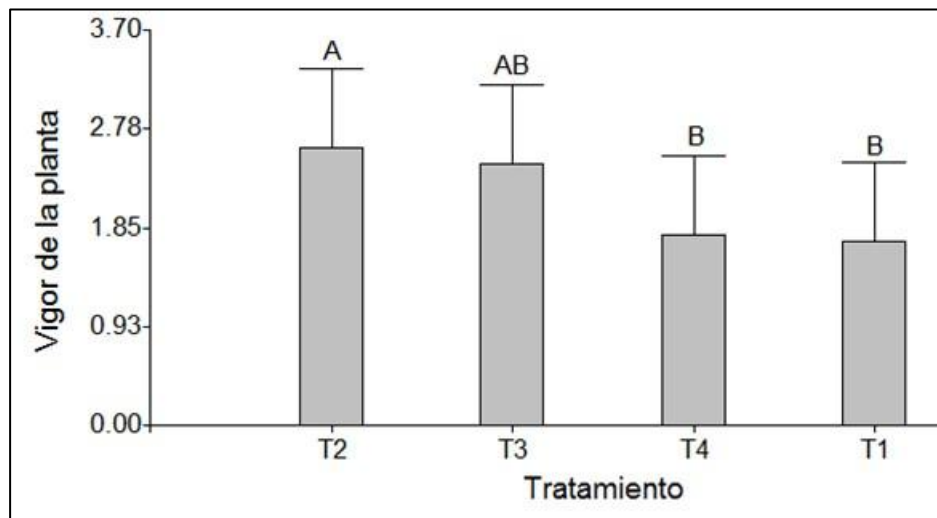
C.V. = 15.77 %

Para determinar las diferencias significativas de los promedios de los tratamientos en el análisis de variancia se procedió a realizar la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad; donde observamos que el tratamiento T2 presenta un promedio de 2.60 que representa a un vigor de regular a bueno, el cual es estadísticamente significativo con los promedios de los tratamientos T3 y T4 cuyos promedios fueron de 1.78 y 1.73 respectivamente; los cuales representan un vigor de malo a regular; los promedios que se encuentran representados con una misma letra no presentan diferencias estadísticas entre sí, tal como se muestra en la tabla 13 y figura 8.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del vigor de la planta durante la primera evaluación.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	2.60	A
2	T3	Compost + humus	2.45	AB
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	1.78	B
4	T1	Tierra negra + humus	1.73	B

**Figura 8.** Vigor de la planta durante la primera evaluación.



### B. Segunda evaluación del vigor de planta

Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla B6 de los anexos.

En la presente evaluación también se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio (sustratos orgánicos), para la prueba de F al 95 y 99 % del cuadro de análisis de varianza, como se muestra en la tabla 14, asimismo se tiene un coeficiente de variación igual a 6.15 % el cual nos indica la confiabilidad de los datos registrados ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos.

**Tabla 14.** Análisis de variancia del vigor de planta durante la segunda evaluación.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.03	0.01	0.47	3.86	6.99	N.S.
Tratamientos	3	3.08	1.03	44.96	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	0.21	0.02				
TOTAL	15	3.32					

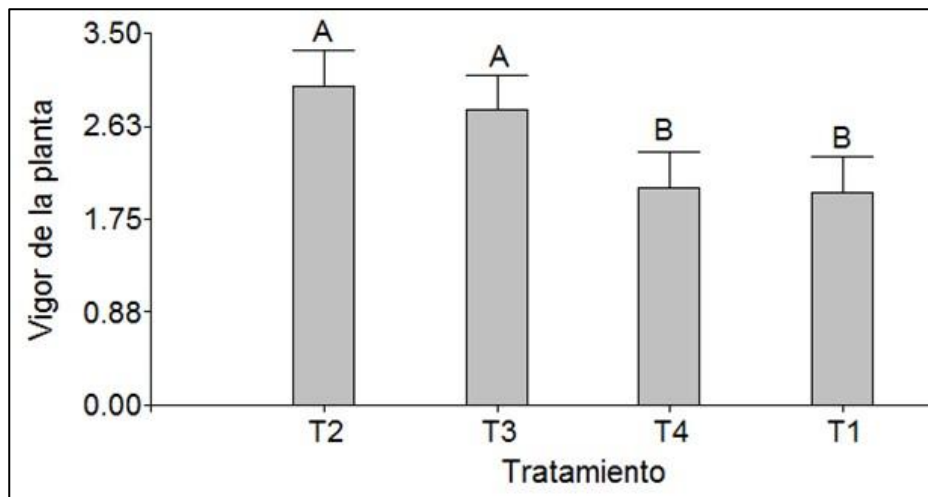
C.V. = 6.15 %

Después de realizar la prueba estadística de Tukey al 95 % de probabilidad observamos que los tratamientos T2 y T1 presentaron mayor promedio en cuanto al vigor de plantas, las mismas que fueron estadísticamente significativos comparados con los tratamientos T3 y T4, los promedios de los tratamientos bajo una misma letra no presentan diferencias estadísticas entre sí, las mismas que se muestran en la tabla 15 y la figura 9.

**Tabla 15.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del vigor de planta durante la segunda evaluación.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	3.00	A
2	T3	Compost + humus	2.78	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	2.05	B
4	T1	Tierra negra + humus	2.00	B

**Figura 9.** Vigor de las plantas durante la segunda evaluación.



#### 4.2.4. Altura de plantas

La evaluación del presente parámetro se realizó en tres oportunidades a los 15, 50 y 59 días de la emergencia, con la ayuda de un flexómetro.

## A. Primera evaluación de la altura de plantas

En la tabla 16, del análisis de varianza para la presente evaluación se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos evaluados con respecto a la altura de plantas durante la primera evaluación, mientras que para los promedios de los bloques no se encontraron diferencias estadísticas; el coeficiente de variación fue de 14.16 %, dicho valor se encuentra dentro de los rangos permitidos, asimismo nos indica el grado de confiabilidad de los datos registrados que se encuentran en la tabla B7 de los anexos.

**Tabla 16.** *Análisis de varianza de la altura de plantas durante la primera evaluación.*

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.030	0.010	0.954	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	0.410	0.137	13.226	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	0.093	0.010				
TOTAL	15	0.532					

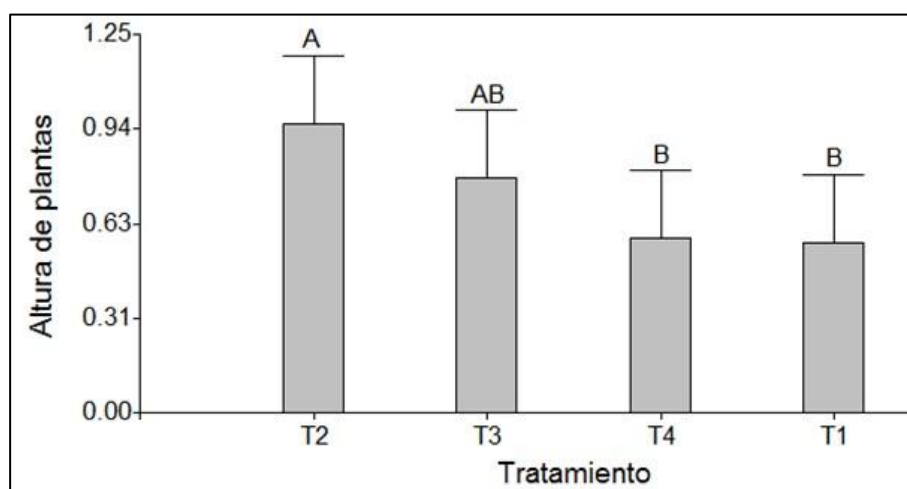
C.V. = 14.16 %

Para determinar la significación existente entre los promedios se procedió a realizar la prueba estadística de Tukey al 95 % de probabilidad, donde encontramos que el tratamiento T2 presentó un promedio de 0.953 cm, siendo estadísticamente superior a los promedios de los tratamientos T3 y T4 que fueron de 0.578 cm y 0.563 cm respectivamente; mientras que el promedio del tratamiento T1 fue de 0.778 cm el cual no difiere estadísticamente del promedio del tratamiento T2 es por ello que se encuentran bajo el mismo grupo Tukey A, como se muestran en la tabla 17 y figura 10 respectivamente.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la primera evaluación.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	0.953	A
2	T3	Compost + humus	0.778	AB
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	0.578	B
4	T1	Tierra negra + humus	0.563	B

**Figura 10.** Altura de plantas durante la primera evaluación.



## B. Segunda evaluación de la altura de plantas

Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla B8, en los anexos.

La prueba de F al 95% y 99 % de la tabla de análisis de varianza para el presente parámetro nos muestra que los promedios de los tratamientos en estudio (sustratos orgánicos) presentan diferencias estadísticas altamente significativas; los promedios de los bloques no presentaron significación. El coeficiente de variación se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos similares cuyo valor es de 8.58 %, como se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18.** Análisis de varianza de la altura de plantas durante la segunda evaluación.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	3	0.74	0.25	1.85	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	56.04	18.68	140.02	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	1.20	0.13				
TOTAL	15	57.98					

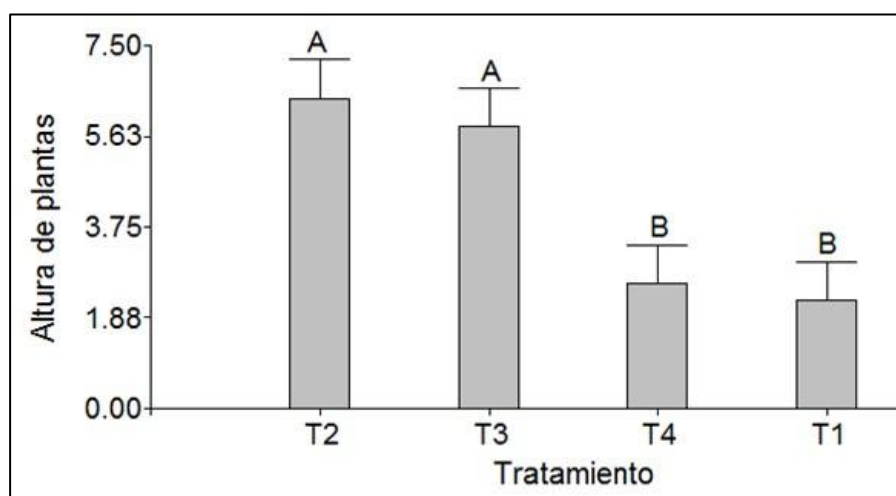
C.V. = 8.58 %

Al efectuarse las comparaciones múltiples mediante la prueba estadística de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos T1 (6.40 cm) y T2 (5.83 cm), los cuales pertenecen al grupo Tukey A frente a los promedios de los tratamientos T3 (2.58 cm) y T4 (2.23 cm) pertenecientes al grupo Tukey B, los promedios pertenecientes a un mismo grupo Tukey no son estadísticamente significativos entre sí, como se muestran en la tabla 19 y figura 11.

**Tabla 19.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la segunda evaluación.

<b>Orden de mérito</b>	<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo Tukey</b>
1	T2	Turba comercial + humus	6.40	A
2	T3	Compost + humus	5.83	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	2.58	B
4	T1	Tierra negra + humus	2.23	B

**Figura 11.** Altura de plantas durante la segunda evaluación.



### C. Tercera evaluación de la altura de plantas

El análisis de varianza efectuado a los datos obtenidos en la presente evaluación nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos evaluados con respecto a la altura de las plantas, el coeficiente de variación es de 7.81 % el cual está dentro de los rangos de confiabilidad, como se muestran en la tabla 20. Los datos registrados en la presente evaluación se encuentran en la tabla B9 de los anexos.

**Tabla 20.** Análisis de varianza de la altura de plantas durante la tercera evaluación.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.23	0.08	0.68	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	55.48	18.49	167.16	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	1.00	0.11				
TOTAL	15	56.70					

C.V. = 7.81 %

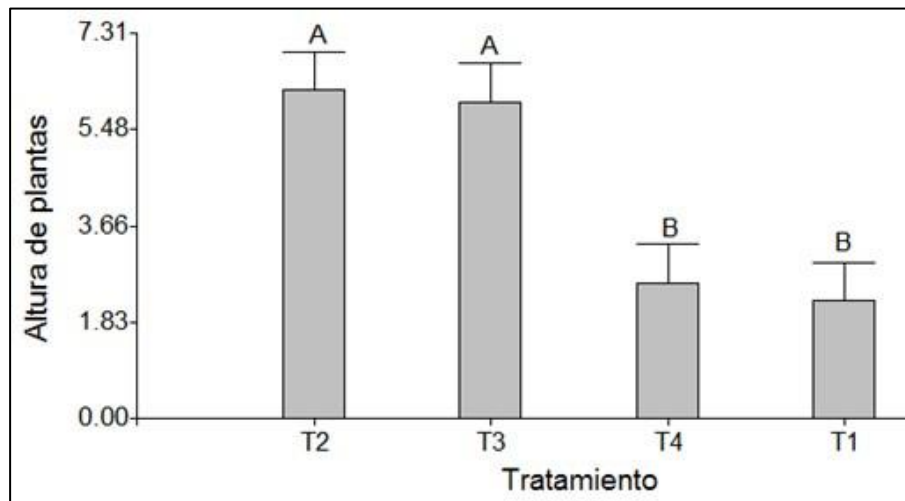
Para determinar la significación entre los promedios de los tratamientos en estudio se realizó la prueba de Tukey donde observamos que los tratamientos T1 y T2 cuyos promedios son 6.23 cm y 6.00 cm respectivamente los cuales son estadísticamente significativos en comparación con los promedios de los

tratamientos T3 y T4 con promedios de 2.58 cm y 2.23 cm respectivamente (tabla 21 y figura 12).

**Tabla 21.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de la altura de plantas durante la tercera evaluación.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	6.23	A
2	T3	Compost + humus	6.00	A
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	2.58	B
4	T1	Tierra negra + humus	2.23	B

**Figura 12.** Altura de plantas durante la tercera evaluación.



#### 4.2.5. Diámetro de tallos

Se evaluó el diámetro de los tallos de las plantas expresados en centímetros (cm) con la ayuda de un vernier en tres oportunidades, las cuales se detallan a continuación.

##### A. Primera evaluación del diámetro de tallos

En la presente evaluación se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los cuatro tratamientos en estudio para la prueba de F al 95 y 99 % del cuadro de análisis de varianza, con relación al diámetro de plantas, asimismo tiene un coeficiente de variación igual a 9.26 % el cual está dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones similares, como

se muestra en la tabla 22. Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla B 10 en los anexos.

**Tabla 22.** *Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la primera evaluación.*

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.000119	0.000040	0.781	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	0.001969	0.00656	12.945	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	0.000456	0.000051				
TOTAL	15	0.002544					

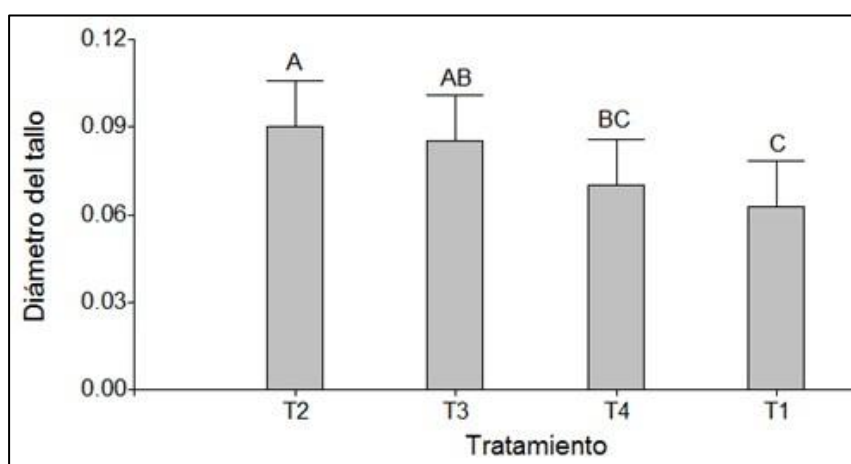
C.V. = 9.26 %

Después de efectuarse la prueba estadística de Tukey, donde se compararon todos los promedios entre sí, observamos que el tratamiento T2 presentó un promedio de 0.090 cm, siendo superior estadísticamente a los promedios de los tratamientos T3 y T4 que presentaron promedios de 0.070 y 0.063 cm respectivamente; los tratamientos que presentan una letra en común en el grupo Tukey no son significativamente diferentes, como se indican en la tabla 23 y figura 13.

**Tabla 23.** *Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la primera evaluación.*

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	0.090	A
2	T3	Compost + humus	0.085	AB
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	0.070	BC
4	T1	Tierra negra + humus	0.063	C

**Figura 13.** Diámetro de tallos durante la primera evaluación.



### B. Segunda evaluación del diámetro de tallos

Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla B11 de los anexos.

Al efectuarse el análisis de varianza (tabla 24) también observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos en estudio; mientras que para los promedios de los bloques no se encontró significación; el coeficiente de variación es de 9.14 % el cual nos indica la confiabilidad de los datos registrados.

**Tabla 24.** Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la segunda evaluación.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	3	0.000219	0.000073	0.929	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	0.002019	0.000673	8.575	3.86	6.99	**
Error Exp.	9	0.000706	0.000078				
TOTAL	15	0.002944					

C.V. = 9.14 %

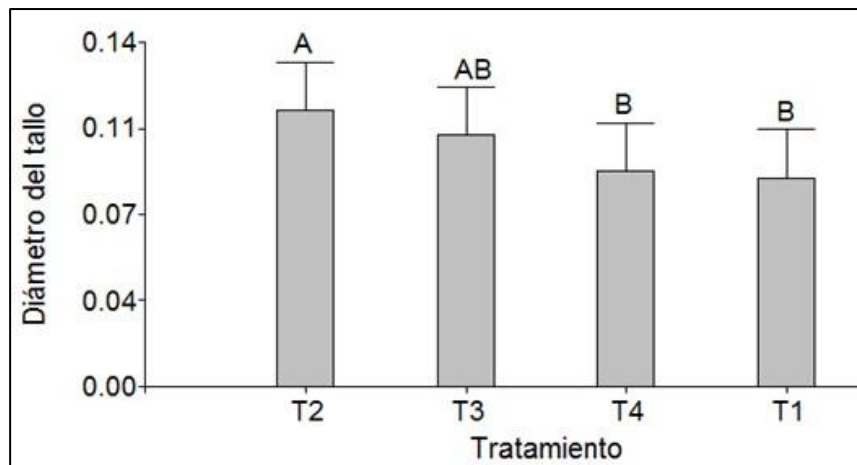
En la figura 14 y tabla 25, de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad se observa que el tratamiento T1 presenta un promedio igual a 0.113 cm, el cual es estadísticamente significativo en comparación con los promedios de los

tratamientos T3 y T4 que presentaron promedios de 0.088 y 0.085 cm respectivamente, también podemos observar que los tratamientos T1 y T2 no son significativamente diferentes entre sí, al igual que los tratamientos T2, T3 y T4.

**Tabla 25.** Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la segunda evaluación.

Orden de mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Tukey
1	T2	Turba comercial + humus	0.113	A
2	T3	Compost + humus	0.103	AB
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	0.088	B
4	T1	Tierra negra + humus	0.085	B

**Figura 14.** Diámetro de tallos durante la segunda evaluación.



### C. Tercera evaluación del diámetro de tallos

La tabla 26, nos muestra el análisis de varianza del presente parámetro donde podemos observar que para la prueba de F al 95 % y 99 % de probabilidad, existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos, pero no se presentaron significación entre los promedios de los bloques; el valor del coeficiente de variación es igual a 10.27 %, esto nos indica el grado de homogeneidad de las observaciones registradas al momento de momento de la evaluación en cada una de las unidades experimentales, y encontrándose dentro de

los rangos de aceptación; dichas observaciones se encuentran en la tabla B12 de los anexos.

**Tabla 26.** *Análisis de varianza del diámetro de tallos durante la tercera evaluación.*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	3	0.00013	0.00004	0.405	3.86	6.99	N. S.
Tratamientos	3	0.00193	0.00064	6.243	3.86	6.99	*
Error Exp.	9	0.00092	0.00010				
TOTAL	15	0.00298					

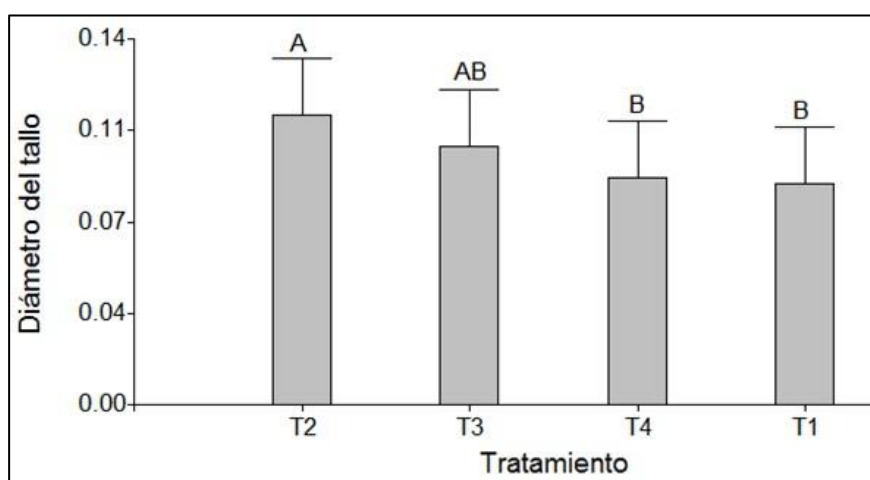
C.V. = 10.27 %

La figura 15 y la tabla 27 de la prueba de Tukey nos muestra que los promedios de los tratamientos en estudio (sustratos orgánicos) estuvieron comprendidos entre 0.088 cm y 0.115 correspondientes a los tratamientos T4 y T1 respectivamente, de igual modo podemos mencionar que el tratamiento T1 es estadísticamente significativo en comparación con los promedios de los tratamientos T3 (0.090 cm) y T4 (0.088 cm); los promedios con una letra común no son significativamente diferentes.

**Tabla 27.** *Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad del diámetro de tallos durante la tercera evaluación.*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media (cm)</b>	<b>Grupo Tukey</b>
1	T2	Turba comercial + humus	0.115	A
2	T3	Compost + humus	0.103	AB
3	T4	Mezcla 3:2:1 + humus	0.090	B
4	T1	Tierra negra + humus	0.088	B

**Figura 15.** Diámetro de tallos durante la tercera evaluación.



### 4.3. Prueba de hipótesis

Al inicio de la presente investigación se formularon dos hipótesis; siendo la primera de ellas fue la hipótesis nula y la segunda fue la hipótesis alternativa, las cuales tuvieron como enunciado lo siguiente:

Ho: Las medias de todos los tratamientos son iguales.

Ha: Existen al menos un par de tratamientos diferentes

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k = \mu$

Ha:  $\mu_i = \mu_j$  para algún  $i \neq j$

Considerando lo planteado, podemos decir que, para el porcentaje de germinación durante la primera, segunda evaluación y para el número de hojas por planta en la primera evaluación se acepta la hipótesis nula debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos evaluados.

Del mismo modo, para las evaluaciones del número de hojas por planta (segunda y tercera evaluación); el vigor de plantas (primera y segunda evaluación), altura de plantas en cm (primera, segunda y tercera evaluación) y diámetro de plantas

en cm (primera segunda y tercera evaluación) se acepta la hipótesis alternativa por cuanto se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los sustratos orgánicos que fueron evaluados en la presente investigación.

#### 4.4. **Discusión de resultados**

El porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra, en la presente investigación estuvieron comprendidas entre los 82.50 % obtenidos en el tratamiento T1 (Tierra negra + humus) y los 97.50 % del tratamiento T3 (Compost + humus); los promedios de los tratamientos en estudio no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí. Resultados similares encontró **Fernández Pineda, (2015)**, en su trabajo de investigación, el cual indica que no hubo diferencias estadísticas entre los resultados por efecto de las diferentes proporciones de sustrato, las mismas que presentaron porcentajes comprendidos entre 97.4 % y 98.4 % de emergencia a los 10 días después de la siembra. Mientras que **Socay Guayña, (2017)**, encontró diferencias estadísticas en el porcentaje de emergencia para los sustratos las mismas que se agruparon en dos grupos Tukey (a y b), donde el tratamiento compuesto por el 100 % de turba BM2 presentó un promedio de emergencia del 86.59 %, siendo superior estadísticamente a los tratamientos conformados por el 100 % de suelo agrícola del lugar, al 50 % de arena de río lavada más 50 % de humus y al 30% de cascarilla más 70 % de humus, cuyos promedios de emergencia fueron de 56.07 %, 53.40 % y 41.42 % respectivamente.

El mayor número de hojas por plántula se obtuvieron utilizando los sustratos de turba comercial + humus (T2) y compost + humus (T3); en la primera evaluación no se presentaron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, pero en la segunda y tercera evaluación si se encontraron diferencias significativas en comparación con los sustratos a base de la Mezcla 3:2:1 + humus (T4) y de la Tierra negra + humus (T1);

los promedios en la tercera evaluación para los tratamientos T2 y T3 fueron de 6.00 y 5.50 respectivamente. Resultados similares obtuvo **Toscano Mañay**, (2021), donde los promedios variaron de 2,17 a 3,53 hojas a los 30 días, de 1,62 a 4,53 hojas a los 40 días, de 1,57 a 4,13 hojas a los 60 días y de 0,93 a 5,17 hojas a los 80 días; existiendo diferencias estadísticas significativas en todas las evaluaciones. Asimismo, **Socay Guayña**, (2017), encontró que a los 30 días las plántulas de aguaymanto presentaban un promedio de 2.02 hojas en el tratamiento compuesto por el 100 % de turba BM2, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos; mientras que a los 60 días los tratamientos conformados por el 50 % de Arena de río lavada más 50% de humus y el 100 % de turba BM2, presentaron promedios de 7.16 y 7.04 respectivamente; finalmente a los 90 días el sustrato conformado por el 50 % de Arena de río lavada más 50% de humus presentó un promedio de 9.82 hojas, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos.

Con respecto al vigor de las plántulas de aguaymanto los promedios más altos en las dos evaluaciones realizadas se observaron en las bandejas con los sustratos de turba comercial + humus (T2) y del compost + humus (T3), existiendo además diferencias significativas en comparación con los otros tratamientos; los promedios de la primera evaluación fueron para la turba comercial + humus 2.60, para el compost + humus 2.45; en la segunda evaluación los promedios son de 3.0 para la turba comercial + humus y 2.78 para el compost + humus. Los datos obtenidos en la presente evaluación son similares a los mostrados por **Socay Guayña**, (2017), a los 45 días de haber sido sembrados, utilizando como sustrato el 100 % de turba BM2 cuyo promedio es de 3.35. Según **Haro Cevallos**, (2018), estos resultados se deban probablemente por la presencia de elementos esenciales y oligoelementos que ofrecen los sustratos de turba a las plántulas para una nutrición más equilibrada; además **Fariña**, (2003, como se citó

en **Socay Guayña**, 2017), menciona que el vigor está relacionado con las mejores características de la planta como color dímetro de tallo, altura de planta entre otras.

En cuanto a la altura de plantas, en la primera evaluación que fue realizada a los 15 días, los promedios mostraron diferencias significativas donde el tratamiento con mayor promedio fue la turba comercial + humus (T2) con un valor de 0.953 cm y el tratamiento con menor promedio fue la Tierra negra + humus (T1) con un valor de 0.563 cm, mientras que en la segunda evaluación que fue a los 50 días de haber sido sembrados en los contenedores los promedios de las plántulas estuvieron comprendidos entre 2.23 cm y 6.40 cm pertenecientes a los tratamientos T1 (Tierra negra + humus) y el T2 (turba comercial + humus) respectivamente; y en la tercera evaluación (a los 59 días), las plántulas que estuvieron en la turba comercial + humus (T2) alcanzaron una altura de 6.23 cm, y las plántulas de menor tamaño estuvieron en la Tierra negra + humus (T1). Al respecto **Reyna Alipio**, (2019), durante la evaluación a los 10 días después de haber trasplantado en los contenedores obtuvo promedios que estuvieron comprendidos entre 1.64 cm y 1.67 cm, los cuales no presentaron diferencias estadísticas; pero durante la cuarta evaluación que fue a los 45 días obtuvo valores significativos de 7.05 cm y 6.75 cm, con sustratos cuyas proporciones de tierra agrícola, turba y arena, fueron de 1:1:1 (T4) y 2:1:1 (T3) respectivamente; asimismo cuando realizó la evaluación a los 60 días el promedio obtenido con el tratamiento T4 fue de 9.73 cm, siendo significativo en comparación con el promedio del tratamiento T1 (proporción 3:2:1) cuyo valor fue de 8.92 cm. Asimismo, **Toscano Mañay**, (2021), reporta que los promedios de las alturas de plántulas para los 30, 40, 60 y 80 días, variaron de 0,60 a 1,03 cm a los 30 días, de 0,52 a 1,64 cm a los 40 días, de 0,61 a 2,54 cm a los 60 días y de 0,90 a 4,53 cm a los 80 días; encontrándose diferencias estadísticas significativas en cada una de las observaciones; los tratamientos que no destacaron

fueron el T2 (suelo agrícola 50% + estiércol de cuy 50%), T3 (suelo agrícola 40% + aserrín 20% + harina de rocas 40%), T4 (arena 50% + harina de rocas 30% + aserrín 20%) y T5 (suelo agrícola 70% + aserrín 30%), el cual puede deberse a la ausencia de nutrientes, falta de retención de agua, o estrés debido a posibles daños mecánicos y la discontinuidad funcional entre el suelo y las raíces entre otras causas.

Finalmente, con respecto al diámetro del tallo, durante las tres evaluaciones realizadas a los 15, 50 y 59 días después de la siembra, el sustrato Turba comercial + humus (T2) presentó promedios significativos estadísticamente en comparación con los tratamientos T4 (Mezcla 3:2:1 + humus) y T1 (Tierra negra + humus), mientras que con el tratamiento T3 no hubo diferencias estadísticas en las tres evaluaciones, los promedios en la tercera evaluación para el T2 fue de 0.115 cm y para el T3 fue de 0.103 cm. Al respecto **Toscano Mañay**, (2021), reporta variación en los promedios del diámetro de tallo para los periodos de evaluación; donde a los 40 días fluctuó entre los 0,07 a 0,18 cm; en los 60 días de 0,06 a 0,21 cm, y a los 80 días de 0,05 a 0,27 cm. Asimismo, **Socay Guayña**, (2017), a los 90 días de haber sembrado reporta que en el sustrato de 50 % de arena de río lavada más 50 % de humus se obtuvo el promedio más alto de 4.27 mm, siendo estadísticamente superior al sustrato de 100 % de suelo agrícola del lugar que presentó el promedio más bajo igual a 3.30 mm; Caballero salinas , menciona

Los mayores valores encontrados en la presente investigación se deban probablemente a que la turba comercial + humus proporcionan un mejor aporte nutricional a las plántulas de aguaymanto; según **Caballero-salinas et al.**, (2020), el número de hojas, el diámetro del tallo y la longitud de la raíz son parámetros importantes debido a que muestran un estado vigoroso de una plántula y que se ve reflejada en una mayor fortaleza y resistencia cuando es trasplantada en campo.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación del humus en los sustratos de turba comercial y en el compost, presentaron un efecto positivo en el crecimiento de las plántulas de aguaymanto con respecto a las variables evaluadas como son el número de hojas por planta, su vigor, la altura de plantas y el diámetro de los tallos; debido a que existió un aporte nutricional adicional del humus; mientras que en los sustratos de la Mezcla 3:2:1 y en la Tierra negra los aportes nutricionales del humus no tuvieron efectos significativos para un crecimiento adecuado de las plántulas de aguaymanto.
2. Los mejores sustratos identificados en la presente investigación para la producción de plántulas de aguaymanto fueron la Turba comercial + humus (T2) y el Compost + humus (T3), debido a que en estos sustratos se obtuvieron los promedios más altos en cuanto al porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra, en el número de hojas durante la segunda y tercera evaluación (50 y 59 días después de la siembra), en el vigor de las plantas a los 15 y 50 días DDS, en la altura de plantas a los 15, 5 y 59 días DDS, y en el diámetro del tallo a los 15, 50 y 59 días DDS.

## **RECOMENDACIONES**

- 1) Desarrollar experimentos utilizando otras fuentes de materia orgánica de bajo costo y que se encuentren disponibles para el productor del distrito de Paucartambo, el cual contribuirá en la reducción de la extracción de la tierra negra de las zonas altas en el distrito.
- 2) Realizar investigaciones utilizando otros promotores de crecimiento y desarrollo de origen orgánico durante la producción de plántulas de aguaymanto en invernadero, para las diferentes zonas productoras en el distrito de Paucartambo.
- 3) Ejecutar trabajos de investigación que permitan determinar las necesidades hídricas y su contenido nutricional óptimo de las plántulas de aguaymanto durante el tiempo de permanencia en los viveros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agroactivo. (2023). *Tipos de sustratos para las plantas*.
- Agromat. (2018). *Ventajas de uso de tubetes y bandejas AGROMAT* [Mensaje en un blog]. Recuperado 10 de noviembre de 2025. <https://www.agromatperu.com/ventajas>
- Andreau, R., Giménez, D., & Beltrano, J. (2015). Soluciones nutritivas I. En J. Beltrano & D. O. Gimenez (Eds.), *Cultivo en hidroponía* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 73-90). Edulp.
- Artal. (2021). *Ácidos húmicos y Fúlvicos. Sus funciones en las plantas* [Información técnica].
- Ávila Rodríguez, C. L. (2013). *Biol y ácidos húmicos en la propagación de plantines de aguaymanto (Physalis peruviana L.) bajo condiciones de invernadero* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Escuela Profesional y Académica de Agronomía, Perú.
- Caballero-salinas, J. C., Ovando-salinas, S. G., Núñez-ramos, E., & Aguilar-cruz, F. (2020). Sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chiapas. *Siembra*, 7(2), 14-21.
- Camasi Salinas, P., & Quintas Madueño, J. (2016). *Efecto de tres dosis de ácidos húmicos en tres distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo del aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de Azángaro* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, Perú.
- Ccaico Aponte, K. (2018). *Evaluación del ritmo de crecimiento y análisis bromatológico de Physalis peruviana "capulí" en tres sustratos. Ayacucho, 2016*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología.
- Cedeño, M. M., & Montenegro, D. M. (2004). *Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO S.C.I. Ltda* [Trabajo de

- grado]. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2), 17-26.
- Dorronsoro, C. (2011). *Introducción a la edafología*.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., & Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Aguaymanto. *botconsult GmbH*.
- Fernández Pineda, M. A. (2015). *Evaluación de sustratos en la producción de plántulas de aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía.
- Fertilab. (2018a). *Ácidos Húmicos y Fúlvicos* [Información técnica].
- Fertilab. (2018b). *Importancia de los ácidos húmicos y fúlvicos* [Información técnica].
- Fischer, G. (2000). *Fisiología del cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.)*.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 36(1), 1-15.
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2014). Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). En C. P. Pássaro Carvalho (Ed.), *Physalis peruviana L.: Fruta andina para el mundo* (pp. 28-47). CEBAS - CSIC.
- Florián Martínez, P., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En V. J. Flórez R. (Ed.), *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* (pp. 37-77). Editorial Universidad Nacional de Colombia.

- Gayosso Rodríguez, S., Borges Gómez, L., Villanueva Couoh, E., Estrada Botello, M. A., & Garruña Hernández, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), 617-631.
- Gayosso Rodríguez, S., Borges Gómez, L., Villanueva Couoh, E., Estrada Botello, M. A., & Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*, 52(4), 639-652.
- GBIF Secretariat. (2022). *Physalis peruviana L.* In: GBIF Backbone Taxonomy.
- Guerrero Castillo, J. (2019). *Fenología y producción de tres ecotipos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en el caserío de Pulún, distrito el Carmen de la frontera, Huancabamba – Piura, 2018* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Escuela Profesional de Agronomía.
- Haro Cevallos, L. F. (2018). *Evaluación de cinco tipos de sustratos para el enraizamiento de orégano (Origanum vulgare L.), en el Sector Bellavista Bajo, Parroquia San Antonio, Provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agronómica, Programa Semipresencial de Ingeniería Agronómica Sede El Ángel – Carchi, Ecuador.
- IDMA. (2016). *Manual técnico de producción agroecológica de aguaymanto*. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente – IDMA. <https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/03/Manual-Prod-Agroecologica-Aguaymanto-IDMA.pdf>
- INTA. (2018). *Manual de Vivero*. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod\\_resource/content/1/020000\\_Manual\\_de\\_Vivero.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf)
- Jordán López, A. (2006). *Manual de edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.

- Lobartini, J. C., & Orioli, G. A. (1996). Las sustancias húmicas y la nutrición vegetal. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 101(2), 201-209.
- MADES, PNUD, & FMAM. (2021). *Viveros forestales urbanos: construcción y manejo. Proyecto "Asunción ciudad verde de las Américas – vías a la sustentabilidad"*. <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/manual-viveros.pdf>
- MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora. (2021). *Análisis de mercado del aguaymanto 2015 - 2020* [Informe Técnico]. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Unidad de Inteligencia Comercial.
- Mora-Aguilar, R., Peña-Lomelí, A., López-Gaytán, E., Ayala-Hernández, J. J., & Ponce-Aguirre, D. (2006). Agrofisiología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 57-63.
- Mora Blas, R. W. (2017). *Producción de plantines de maracuyá (Passiflora edulis) con dos dosificaciones de ácido húmico más biol en el valle de Chao* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma, Perú.
- Oliver Albert, M. (2009). *Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate* [Tesis doctoral]. Universidad de Alicante.
- Pastor Sáez, J. N. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.
- PERÚBIODIVERSO. (2014). *Aguaymanto. El comercio sostenible de la cereza de los Andes del Perú* [Informe técnico]. Programa de Cooperación al Desarrollo Económico Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO Embajada de Suiza en Perú.
- Prohens Tomás, J., & Sepúlveda Ortega, S. M. (2014). Recursos Genéticos. En C. P. Pássaro Carvalho (Ed.), *Physalis peruviana* L.: *Fruta andina para el mundo* (pp. 7-27). CEBAS - CSIC.

- Puente, L. A., Pinto Muñoz, C. A., Castro, E. S., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44, 1733–1740.
- Raviv, M., Lieth, J. H., & Bar-Tal, A. (2019). Significance of Soilless Culture in Agriculture. En M. Raviv, J. H. Lieth, & A. Bar-Tal (Eds.), *Soilless Culture Theory and Practice* (2.<sup>a</sup> ed., pp. 3-14). Elsevier B.V.
- Reyna Alipio, K. M. (2019). *Producción de plántulas (Physalis peruviana L.) variedad local con tres proporciones de sustratos en Santiago de Chuco, La Libertad* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía.
- Salazar, M. R., Jones, J. W., Chaves, B., Cooman, A., & Fischer, G. (2008). Base temperature and simulation model for nodes appearance in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 30(4), 862-867.
- Sierra y Selva Exportadora. (2021, abril). *Más del 80 % de aguaymanto que exportó Perú en el 2020 fue orgánico* [Nota de prensa].
- Socay Guayña, V. A. (2017). *Obtención de semilla de uvilla (Physalis peruviana L.) a través de dos métodos de extracción y cuatro sustratos para la producción de plantas en vivero* [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Riobamba - Ecuador.
- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos* (1.<sup>a</sup> ed.). FAO y ANPE. Lima.
- Toscano Mañay, J. A. (2021). *Evaluación de diferentes proporciones de sustratos en el crecimiento de plántulas de uvilla (Physalis peruviana)* [Informe Final]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica.

- Troiani, H. O., Prina, A. O., Muiño, W. A., Tamame, M. A., & Beinticinco, L. (2017). *Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía* (1.<sup>a</sup> ed.). Santa Rosa: Universidad Nacional de La Pampa.
- Vázquez Vázquez, P. E. (2013). *Uso en la agricultura de sustancias húmicas* [Tesis de pregrado]. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila.
- Wallach, R. (2019). Physical Characteristics of Soilless Media. En M. Raviv, J. H. Lieth, & A. Bar-Tal (Eds.), *Soilless Culture Theory and Practice* (2.<sup>a</sup> ed., pp. 33-112). Elsevier B.V.
- Wikipedia. (2023). *Physalis peruviana*. La enciclopedia libre.
- Zamboni, I. R., Ballesteros, M., & Zamudio, A. M. (2006). Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. *Revista Colombiana de Química*, 35(2), 191-203.

## **ANEXOS**

## Anexo A. Instrumentos de recolección de datos

**Tabla A1.** Ficha de registro del porcentaje de emergencia durante la primera evaluación.

Bloques	Sustratos orgánicos (tratamientos)			
	T1	T2	T3	T4
I	60	100	90	90
II	80	90	100	90
III	90	100	100	90
IV	100	90	100	100

**Tabla A2.** Ficha de registro del número de hojas por planta en la primera evaluación.

Bloques	Sustratos orgánicos (tratamientos)			
	T1	T2	T3	T4
I	2.10	3.40	2.40	2.60
II	2.00	3.10	2.20	2.10
III	3.20	3.00	2.22	1.80
IV	3.00	2.60	2.00	2.00

**Tabla A3.** Ficha de registro del número de hojas por planta en la segunda evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	3.00	6.00	6.00	3.00
<b>II</b>	3.00	5.00	5.00	3.00
<b>III</b>	3.10	5.00	6.00	3.00
<b>IV</b>	2.60	6.00	5.00	4.00

**Tabla A4.** Ficha de registro del número de hojas por planta en la tercera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	3.00	6.00	6.00	3.00
<b>II</b>	3.00	6.00	6.00	3.00
<b>III</b>	3.10	6.00	5.00	3.00
<b>IV</b>	3.00	6.00	5.00	4.00

**Tabla A5.** Ficha de registro del vigor de la planta en la primera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	1.50	2.50	2.00	1.80
<b>II</b>	2.10	2.60	2.00	2.00
<b>III</b>	1.80	2.70	3.00	2.00
<b>IV</b>	1.50	2.60	2.80	1.30

**Tabla A6.** Ficha de registro del vigor de la planta en la segunda evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	2.00	3.00	3.00	2.00
<b>II</b>	2.00	3.00	2.60	2.00
<b>III</b>	2.00	3.00	2.50	2.20
<b>IV</b>	2.00	3.00	3.00	2.00

**Tabla A7.** Ficha de registro de la altura de plantas en la primera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	0.54	1.02	0.60	0.57
<b>II</b>	0.52	0.93	0.66	0.56
<b>III</b>	0.56	0.92	1.02	0.56
<b>IV</b>	0.63	0.94	0.83	0.62

**Tabla A8.** Ficha de registro de la altura de plantas en la segunda evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	2.30	6.00	5.30	2.00
<b>II</b>	2.00	6.20	6.00	3.00
<b>III</b>	2.00	6.40	6.00	3.00
<b>IV</b>	2.60	7.00	6.00	2.30

**Tabla A9.** Ficha de registro de la altura de plantas en la tercera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	2.30	6.00	6.00	2.00
<b>II</b>	2.00	6.40	6.00	3.00
<b>III</b>	2.00	6.50	6.00	3.00
<b>IV</b>	2.60	6.00	6.00	2.30

**Tabla A10.** Ficha de registro del diámetro de tallos en la primera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	0.07	0.09	0.08	0.07
<b>II</b>	0.06	0.09	0.07	0.07
<b>III</b>	0.06	0.09	0.10	0.07
<b>IV</b>	0.06	0.09	0.09	0.07

**Tabla A11.** Ficha de registro del diámetro de tallos en la segunda evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	0.09	0.10	0.10	0.08
<b>II</b>	0.08	0.10	0.11	0.09
<b>III</b>	0.08	0.12	0.10	0.09
<b>IV</b>	0.09	0.13	0.10	0.09

**Tabla A12.** Ficha de registro del diámetro de tallos en la tercera evaluación.

<b>Bloques</b>	<b>Sustratos orgánicos (tratamientos)</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I</b>	0.09	0.10	0.10	0.09
<b>II</b>	0.09	0.10	0.11	0.09
<b>III</b>	0.08	0.13	0.10	0.09
<b>IV</b>	0.09	0.13	0.10	0.09

## Anexo B. Matriz de consistencia de la investigación

**Tabla B.1.** Matriz de consistencia.

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>				
<b>TÍTULO:</b> Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ), en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020				
<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>
¿Cuál es el efecto del humus y cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020?	Determinar el efecto de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020.	Existen diferencias significativas en los efectos de la aplicación de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020.	<b>Variable Independiente</b> ➤ Sustratos orgánicos y humus  <b>Variable Dependiente</b> ➤ Producción de plántulas de aguaymanto.	<b>Variable Independiente</b> ➤ Tierra negra ➤ Turba comercial ➤ Compost ➤ Mezcla 3:2:1  <b>Variable Dependiente</b> ➤ Porcentaje de emergencia. ➤ Numero de hojas por planta. ➤ Vigor de la planta. ➤ Altura de plantas. ➤ Diámetro de tallo.
¿Cuál de los tratamientos evaluados presenta una mejor respuesta en la producción de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020?	Identificar el mejor tratamiento con mejor respuesta en la producción de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020.	Los tratamientos evaluados presentan diferencias estadísticas en la producción de plántulas de aguaymanto ( <i>Physalis peruviana</i> ) en condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2020.	<b>Variable Independiente</b> ➤ Sustratos orgánicos y humus  <b>Variable Dependiente</b> ➤ Producción de plántulas de aguaymanto.	<b>Variable Independiente</b> ➤ Tierra negra ➤ Turba comercial ➤ Compost ➤ Mezcla 3:2:1  <b>Variable Dependiente</b> ➤ Porcentaje de emergencia. ➤ Numero de hojas por planta. ➤ Vigor de la planta. ➤ Altura de plantas. ➤ Diámetro de tallo.

## ANEXO C. Fotografías

Figura C1. Preparación de los sustratos.



**Figura C2.** Llenado de los sustratos en los tubetes



**Figura C3.** Distribución de las bandejas en el invernadero según el croquis experimental.



**Figura C4.** Siembra de las semillas de aguaymanto en las diferentes bandejas con los respectivos sustratos.



**Figura C5.** Evaluación de la emergencia de las plántulas de aguaymanto.



**Figura C6.** Riego de las bandejas.



**Figura C7.** Supervisión del asesor y co-asesor de la tesis.

