

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS
PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum*) VAR. PIETRO.**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO.**

AUTOR:

Luis Alberto Yucailla Masabanda

TUTOR:

Ing. Mg. David Aníbal Guerrero Cando

CEVALLOS – ECUADOR

2022

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS
PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum*) VAR. PIETRO.

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ANIBAL
GUERRERO CANDO**

.....
Ing. David Guerrero, Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

.....
Ing. Marco Pérez, PhD.
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**

.....15/09/2022.....

.....
Ing. Alberto Gutiérrez, Mg.
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**

.....14/09/2022.....

.....
Ing. Mg. Segundo Curay, PhD.
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**

.....15/09/2022.....

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **LUIS ALBERTO YUCAILLA MASABANDA**, portador de cédula de ciudadanía número: 1850260280, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Trabajo de integración curricular titulado: “EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) VAR. PIETRO”. es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



LUIS ALBERTO YUCAILLA MASABANDA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Trabajo de integración curricular titulado “EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) VAR. PIETRO”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



LUIS ALBERTO YUCAILLA MASABANDA

DEDICATORIA

A Dios, quien me brindó la fortaleza, paciencia y sabiduría necesaria para poder sobreponerme a las dificultades que se me han atravesado en el camino, por darme salud e iluminarme en cada paso durante esta investigación y durante mi vida.

A mis padres, por darme la vida, por su amor, su paciencia, su confianza, su apoyo y por su infinita comprensión que me permitieron llegar hasta este punto.

A mi tía, por su paciencia y apoyo al tratarme como uno de sus hijos.

A mi abuelito, que partió de este mundo antes de lograr verme concluir esta parte de mi vida, le dedico este esfuerzo por siempre haberme aconsejado en todo momento, por su cariño incondicional.

A mi abuelita, por sus consejos siempre necesarios, por su comprensión y su amor.

A mis hermanos, por siempre estar al tanto de mí y por su apoyo incondicional.

A mis primas, que compartieron momentos tristes y felices conmigo y por acogerme como uno de sus hermanos.

A mis demás familiares y amigos que siempre han compartido parte de su sabiduría conmigo, por siempre creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Darle gracias a Dios por mantenerme con salud a mí y a todos mis seres queridos, por brindarme inteligencia y por ser quien ha guiado mi camino.

A mi abuelito, quién me inculcó el cariño por esta profesión. A mis padres y demás familiares, por su amor y apoyo incondicional durante todo este trayecto. A la ilustre Universidad Técnica de Ambato por acogerme y brindarme sabiduría. Al Ing. David Guerrero. Tutor, por su apoyo y colaboración, Al Ing. Carlos Vásquez, por su colaboración e instrucción a lo largo de este trabajo de integración curricular.

Las palabras no bastarían para agradecerles todo lo que me han brindado, espero seguir contando con su apoyo y de la misma manera espero no defraudarlos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I.....	6
1.1. Planteamiento del problema	6
1.1.1. Análisis crítico del problema	6
1.2. Justificación.....	7
1.3. Antecedentes Investigativos	7
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Marco conceptual	8
1.5.1. Cultivo de tomate	8
1.5.2. Ácidos húmicos.....	9
1.5.3. Sustratos	10
1.5.4. Sustratos naturales.....	11
1.6. Hipótesis.....	13
1.7. Variables de la hipótesis:.....	13
1.7.1. Variable independiente.....	13
1.7.2. Variable dependiente.....	13
2. CAPÍTULO II.....	14
2.1. Ubicación del ensayo.....	14
2.2. Características del lugar	14
2.2.1. Clima.....	14
2.2.2. Características de la turba y fibra de coco	14
2.3. Materiales e Insumos	14
2.3.1. Materiales	14
2.3.2. Insumos	14
2.3.3. Material de oficina	15
2.4. Diseño experimental.....	15
2.5. Factores de estudio	15
2.6. Tratamientos	15
2.6.1. Análisis.....	16
2.7. Características del ensayo	16

2.7.1.	Características de las bandejas	16
2.7.2.	Características de la parcela neta	17
2.8.	Registro de datos	17
2.8.1.	Variables respuesta.....	17
2.9.	Manejo del experimento	18
2.9.1.	Semilla utilizada.....	18
2.9.2.	Elaboración de los sustratos	18
2.9.3.	Cubierta plástica.....	18
2.9.4.	Características de las bandejas de germinación	18
2.9.5.	Colocación y distribución de los sustratos en las bandejas.....	18
2.9.6.	Siembra	19
2.9.7.	Riego	19
3.	CAPÍTULO III.....	20
3.1.	Porcentaje de germinación	20
3.2.	Altura de planta a los 21, 28 y 35 días	22
3.3.	Diámetro del tallo a los 21, 28 y 35 días	24
3.4.	Volumen radicular	26
3.5.	Área foliar.....	28
3.6.	Costos de producción	30
3.7.	Verificación de hipótesis	32
4.	CAPÍTULO IV	33
4.1.	Conclusiones	33
4.2.	Recomendaciones	33
5.	BIBLIOGRAFÍA	35
6.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Propiedades físicas y químicas de las turbas rubias	12
TABLA 2. Propiedades físicas y químicas de la fibra de coco.....	13
TABLA 3. Tratamientos	16
TABLA 4. Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de germinación a los 10 días	21
TABLA 5. Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta a los 21, 28 y 35 días	23
TABLA 6. Medias y prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable diámetro del tallo a los 21, 28 y 35 días.....	25
TABLA 7. Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable volumen radicular a los 35 días.....	27
TABLA 8. Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable área foliar a los 35 días	29
TABLA 9. Costos de producción.....	31
TABLA 10. Costos de producción por tratamiento y por plántula	32

RESUMEN EJECUTIVO

Con el continuo uso de sustratos comúnmente empleados, se ha hecho presente la baja tasa germinativa de las semillas y plántulas de baja calidad, por lo tanto, dichas plántulas no van a estar disponibles para la venta afectando a los productores de dicho sector. En este experimento se evaluaron seis tratamientos y dos testigos, los tratamientos conformados por sustratos orgánicos (turba y fibra de coco) más la incorporación de ácido húmico en tres diferentes dosis (2%, 4% y 6%), proporciones que ajustan al 100% del volumen total del sustrato, los dos testigos estuvieron compuestos totalmente de turba y fibra de coco respectivamente.

Se hizo uso de un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados (DBCA), con 6 tratamientos y 4 repeticiones más 2 testigos. Se aplicó un análisis de varianza (ANAVAR) y la prueba de significación de Tukey al 5% para la comparación entre tratamientos, y comparación entre sustrato turba y sustrato fibra de coco.

El tratamiento preparado con turba 98% + ácido húmico 2% mostró los mejores resultados en las variables analizadas. Para altura de planta a los 35 días alcanzó 7,57 cm, el diámetro del tallo fue mayor de entre todos los tratamientos, como en el reportado a los 35 días (2,13 mm). Así mismo, el volumen radicular de las plántulas de este tratamiento obtuvo un resultado más significativo (2,24 cc), destacándose también en el desarrollo del área foliar (12,21 cm²). Del mismo modo, el costo de producción por tratamientos y por plántulas fue de 0,12 centavos de dólar, valor que compartieron todos los tratamientos, dicho costo fue directamente influenciado por el número de plántulas obtenidas, que a su vez está relacionado con el porcentaje de germinación de cada tratamiento.

Palabras clave: Sustratos, turba, fibra de coco, ácidos húmicos, plántulas de tomate.

ABSTRACT

With the continuous use of commonly used substrates, the low germination rate of seeds and low-quality seedlings has become present, therefore, these seedlings will not be available for sale, affecting the producers of this sector. In this experiment, six treatments and two controls were evaluated, the treatments consisted of organic substrates (peat and coconut fiber) plus the incorporation of humic acid in three different doses (2%, 4% and 6%), proportions that adjust to 100% of the total volume of the substrate, the two controls were composed entirely of peat and coconut fiber, respectively.

An experimental design of completely randomized blocks (DBCA) was used, with 6 treatments and 4 replicates plus 2 controls. An analysis of variance (ANAVAR) and Tukey's significance test at 5% were applied for the comparison between treatments, and comparison between peat substrate and coconut fiber substrate.

The treatment prepared with 98% peat + 2% humic acid showed the best results in the variables analyzed. For plant height at 35 days reached 7.57 cm, the stem diameter was greater among all treatments, as in the one reported at 35 days (2.13 mm). Likewise, the root volume of the seedlings of this treatment obtained a more significant result (2.24 cc), also standing out in the development of leaf area (12.21 cm²). Similarly, the cost of production per treatment and per seedling was 0.12 US cents, a value shared by all treatments. This cost was directly influenced by the number of seedlings obtained, which in turn is related to the germination percentage of each treatment.

Key words: Substrates, peat, coconut fiber, humic acids, tomato seedlings.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Planteamiento del problema

La tasa germinativa de las semillas ha sido un tema constante entre los productores de plántulas hortícolas, incluido el tomate (*Solanum lycopersicum*) var. Pietro. Además, la producción de plántulas de baja calidad se ven reflejadas al momento de tratar de comercializarlas, y en dado caso que se logre establecer en campo, dichas plántulas de baja calidad serán más susceptibles a patógenos, lo que significa una pérdida económica para el productor.

1.1.1. Análisis crítico del problema

El cultivo de tomate hortícola puede darse directamente en campo o en invernadero posterior a la deposición de las semillas en suelo agrícola, no obstante, la calidad de la plántula obtenida puede verse afectada por factores tanto bióticos y abióticos que no se pueden manejar directamente (OECD, 2017). Por este motivo, la siembra en contenedores individuales, bandejas de germinación, para su posterior trasplante en el terreno definitivo ha sido la forma de producción de plántulas más empleada, debido a las ventajas de manejo del almacigo en contraste a la siembra directa en campo (Nesmith, 1999).

Clavijo (2008) explica que, además de los beneficios en la calidad del sustrato y ahorro económico, se evitaría la diseminación de patógenos que puedan estar presentes en material importado con lo cual se previene un incremento en la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos locales que a futuro representaría un gasto extra en manejo de los mismos.

De acuerdo con Bardales (2016) el uso de diferentes sustratos tipo peat-moss provocaron un incremento en la germinación y desarrollo de pilones de tomate hortícola, con los mejores resultados cuando se usó el sustrato comercial TS1 Klasmann, dado que, además de producir las mejores características agronómicas, también se obtuvo una mayor relación beneficio-costos, demostrándose su eficacia para su uso en semilleros.

Por otra parte, el uso de biofertilizantes y bioestimulantes a base de ácidos húmicos (1:30 v/v) mostró efectos positivos en las respuestas fisiológicas en el cultivo

de pimiento (*Capsicum annum*) var. Lycal y Magaly en bandejas de germinación evidenciándose el incremento en la emergencia en las semillas, además de producir plántulas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra, así como el aumento del diámetro de tallo, aumentando así la masa fresca y seca de las plántulas y al final del ciclo, las plantas mostraron un incremento en variables como flores y frutos por planta (Reyes-Pérez et al 2021).

1.2. Justificación

La producción de plántulas de hortalizas mediante la germinación de sus semillas en sustrato para su posterior comercialización y establecimiento en terreno agrícola ha sido la forma más eficiente y que mayores índices de rendimiento en campo que se ha comprobado (Nesmith, 1999). Sin embargo, el uso continuo de estos sustratos comúnmente empleados se ha hecho presente la baja tasa germinativa de las semillas y plántulas de baja calidad, por lo tanto, dichas plántulas no van a estar disponibles para la venta afectando a los productores de dicho sector, y el establecimiento en campo de plantas de baja calidad supone un problema a futuro. Mediante esta investigación, se pretende evaluar el efecto combinado del uso de un sustrato orgánico junto con la adición de ácido húmico sobre la germinación de semillas de tomate de calidad, para lograr beneficiar a los agricultores que se dedican a la producción de este cultivo, aportando al desarrollo agronómico de dicho sector.

1.3. Antecedentes Investigativos

Los ácidos húmicos proporcionan a los suelos estabilidad, incrementa la capacidad de almacenar carbono en el suelo, contribuyen a la retención de agua, tienen alta capacidad de intercambio catiónico y son una fuente importante de micro y macronutrientes, además, están involucrados en procesos de adsorción y desorción de metales en el suelo. Su aplicación en el suelo agrícola puede ser directa en forma líquida o granulada (Martínez et al., 2013).

En un ensayo realizado por Abdellatif et al (2017) en el cual se evaluó el efecto del ácido húmico (HA) con una dosis de aplicación de 4, 8, 9, 6 y 14,4 kg/ha-1 en el cultivo de dos híbridos de tomate hortícola (Nema 1400 y Platimun 5043) bajo condiciones de estrés por el calor provocado por la estación climática verano y con el ácido húmico aplicado directamente al suelo en dos ocasiones, la primera tres semanas después del trasplantes y la segunda realizada una semana después de la primera

aplicación. Se obtuvo como resultado que las tres dosificaciones presentaron resultados favorables, pero la aplicación de 14,4 kg/ha-1 obtuvo considerables diferencias con respecto al cultivo control, tanto en el desarrollo vegetativo, en el número de flores y racimos florales por planta.

En otro estudio similar realizado por **Osman y Rady (2014)** en la estación experimental de la Universidad de Fayún, Egipto, en el cual se estudió el efecto del ácido húmico como un aditivo en medios de cultivo para mejorar la producción de transplantes de berenjena y tomate. En el experimento se ocupó los medios de cultivo turba, vermiculita y/o perlita con y sin adición de ácido húmico a una dosis de 0,5 g l⁻¹. En los resultados se remarca que ninguno de estos medios afectó el porcentaje de germinación de las semillas, en términos de eficacia la mejor mezcla para la producción de transplantes de berenjena y tomate fue la compuesta por 50% de vermiculita (v/v) + 50% de perlita (v/v) + 0,5 g l⁻¹ de ácido húmico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los sustratos con la adición de ácidos húmicos para la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) var. Pietro.

1.4.2. Objetivos específicos

Comparar el porcentaje de germinación de las semillas de tomate entre los diferentes sustratos.

Precisar las respuestas morfológicas de las plántulas de tomate en los tratamientos.

Determinar el costo de la plántula de tomate por tratamiento.

1.5. Marco conceptual

1.5.1. Cultivo de tomate

El tomate cultivado actualmente se deriva del tomate silvestre, que es originario de la región andina de países sudamericanos como Ecuador y Perú (**Knapp y Peralta, 2016**). De las hortalizas cultivadas en el Ecuador, pocas son nativas de nuestro país, entre estas se puede destacar el tomate, ají y pimiento, los cuales se presentan mayores hectáreas de campos cultivados en la región Sierra seguido de la región Costa de nuestro país. El desarrollo del cultivo de tomate es relativamente

nuevo en nuestro país, ya que se empezó hace algunas décadas teniendo un desarrollo significativo en la última década, esto a causa de la capacidad de comercialización de este fruto, sobre todo en forma de procesados y conservas, sin embargo, la obtención de semillas en su gran mayoría proviene de importaciones desde los Estados Unidos (Álvarez y Armendaris, 2015).

El cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L., perteneciente a la familia de las Solanáceas, es de las hortalizas con mayor superficie cultivada, ya sea para comercio nacional y/o para exportación, también es consumida ampliamente en todo el mundo, debido a que es usado como ingrediente básico en una muy grande diversidad de alimentos, crudos o procesados (OECD, 2017). En 2020, el área cosechada del cultivo de tomate hortícola en Ecuador alcanzó las 2579 hectáreas, mientras que China e India los países con mayor producción de esta hortaliza presentaron un área cosechada de 1111480 ha y 812000 ha respectivamente (FAOSTAT, 2020).

Este cultivo puede ser establecido en campo abierto o bajo cubierta (invernaderos), y su cosecha puede ser manual o por medio de equipo mecanizado (Atherton y Rudich, 2012). El fruto del tomate contiene diversos elementos beneficiosos para el consumo humano, destacando de entre todo el licopeno, siendo este un antioxidante que el cuerpo humano no produce naturalmente, y que ayuda a combatir radicales libres que pueden desencadenar en complicaciones en la salud, mientras que otros frutos, vegetales, etc., poseen otros elementos necesarios, el tomate es el único alimento natural con altos niveles de licopeno (Bhowmik et al., 2012).

1.5.2. Ácidos húmicos

Las sustancias húmicas son productos orgánicos resultantes de la biosíntesis de residuos animales y vegetales, principalmente con acción microbiana y el conjunto de reacciones que le dan origen se le denomina humificación. Las sustancias húmicas conforman aproximadamente el 80% de la materia orgánica (MO) presente en el suelo, aunque su presencia no se limita solamente a superficie sólidas, ya que también se puede encontrar en ambientes acuáticos y en menor cantidad en la atmósfera (Veobides Amador et al., 2018).

1.5.3. Sustratos

Un sustrato es un material sólido ya sea natural o no, orgánico y/o mineral que, colocado sobre un contenedor, proporciona un soporte para las raíces de las plantas y puede contribuir con la nutrición de las mismas si son sustratos activos o en su defecto solo servir de anclaje del sistema radicular (**Abad et al., 2004**).

1.5.3.1. Propiedades físicas de los sustratos

Para la obtención de resultados favorables durante el proceso germinativo de la semilla, el medio de cultivo, en este caso sustratos, debe presentar las siguientes características:

1.5.3.1.1 Granulometría

Se entiende por granulometría a la distribución del tamaño de las partículas del sustrato, lo cual está relacionado con el aumento o reducción de los espacios porosos. Si no existe homogeneidad en las partículas del sustrato, las más pequeñas ocuparán el espacio poroso compuesta por las partículas más gruesas acarreado problemas como excesiva retención de agua y poca aireación del sustrato (**Masaguer y López-cuadrado, 2006**).

1.5.3.1.2 Espacio poroso total

Esta propiedad se refiere al espacio total que no está ocupado por las partículas del sustrato, en su lugar puede estar ocupado por aire o agua, esta propiedad también es denominada como capacidad de retención de agua y capacidad de aireación del sustrato y se recomienda un espacio poroso total entre 80 a 90% (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

1.5.3.1.3 Densidad aparente

Es definido como la masa del volumen del sustrato considerada a partir de la relación entre el peso del material seco a 105 °C contenido en un centímetro cúbico de sustrato, en esto se incluye el espacio intermedio de poros (**Martínez y Roca, 2011**).

1.5.3.1.4 Densidad real

Se expresa la relación entre la masa del material seco a 105°C y el volumen real que ocupa el mismo, sin incluir los poros y huecos, tampoco depende del tamaño de partícula (**Martínez y Roca, 2011**).

1.5.3.2. Propiedades químicas de los sustratos

1.5.3.2.1 Capacidad de intercambio catiónico

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de que determina la capacidad de retención de nutrientes, esto va de la mano del pH, contenido de MO y arcilla (**Abad et al., 2004**).

1.5.3.2.2 Otras propiedades

Capacidad de mantener el pH constante.

Capacidad de tampón.

Suficiente contenido de nutrimentos.

Relación C/N (Carbono/Nitrógeno).

Baja salinidad.

Velocidad de descomposición reducida (**Pastor, 1999**).

1.5.4. Sustratos naturales

1.5.4.1. Turbas

La turba es el resultado de la fosilización de material vegetal sobre la capa terrestre, conocido también como peat moss es considerado como un recurso no renovable, se distingue algunas clases de turbas, determinadas principalmente por el grado de descomposición y entre las más comercializadas y extraídas se encuentran las turbas rubias y las turbas negras (**Cruz-Crespo et al., 2013**).

El color rubio de la turba corresponde al manto del cuál fue extraído, en este caso fue la capa superior de la turbera, dicha capa está por debajo del acrotelmo que es la capa donde están plantas vivas.

En la tabla 1 se observan las propiedades de la turba rubia, según **Domínguez et al (2017)**.

Tabla 1.***Propiedades físicas y químicas de las turbas rubias***

Propiedades	Muestra de turba rubia
pH	3,5-3,9
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,1-0,2
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	110-120
Materia Orgánica total (%)	80-98
Relación (C/N)	≥ 90
Espacio Poroso (%)	≥ 94
Agua fácilmente disponible (%volumen)	33,5
Agua difícilmente disponible (%volumen)	25,3
Densidad aparente (g/cm^3)	0,06-0,1
Densidad real (g/cm^3)	1,35

1.5.4.2. Fibra de coco

La fibra de coco es un material procedente de los residuos de la industria de procesamiento de coco, compuesto principalmente del mesocarpo del fruto, además contiene fibras cortas y partículas de tamaños heterogéneos que son desechadas por la industria y que a su vez se usa como sustrato en horticultura (**Abad et al., 2002**). Estos autores también mencionan que la principal diferencia entre la fibra de coco y la turba es que la turba es hidrófuga, una vez seca la rehidratación es difícil, además de que se contrae y expande en función al agua, lo cual afecta su aireación. En cambio, la fibra de coco es hidrófila, absorbe agua con facilidad y no experimenta contracciones o expansiones que interfieran negativamente con su aireación.

En la tabla 2 se muestra algunas propiedades del sustrato a partir de fibra de coco, según (**Abad et al., 2002, 2005**).

Tabla 2.

Propiedades físicas y químicas de la fibra de coco

Propiedades	Muestra de fibra de coco
pH	4,9-6,1
Conductividad eléctrica (dS m-1)	0,4-4,5
Capacidad de intercambio catiónico (cmol kg-1)	38,6-7,6
Porosidad (%)	64,1-98,3
Aireación (%)	24,2-89,4
Densidad aparente (g cm- 3)	0,03-0,9
Capacidad de retención de agua (mL L-1)	137-786

1.6. Hipótesis

La adición de complementos de origen orgánico, ácidos húmicos, mejorará la calidad de los sustratos utilizados para la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*) var. Pietro.

1.7. Variables de la hipótesis:

1.7.1. Variable independiente

Sustratos: Turba, fibra de coco, ácidos húmicos.

1.7.2. Variable dependiente

Porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, volumen radicular.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del ensayo

El experimento se realizará en la propiedad del Lic. Segundo Yucailla, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Huachi Chico. Las coordenadas geográficas del cantón Ambato son 1° 14' 30'' de latitud Sur y 78° 37' 11'' de longitud Oeste y una altitud de 2865 msnm. (**Geodatos**).

2.2. Características del lugar

2.2.1. Clima

El cantón Ambato está caracterizado por tener un clima ecuatorial mesotérmico seco, cuenta con una temperatura media anual de 12,5 °C (**Geodatos**).

2.2.2. Características de la turba y fibra de coco

Los sustratos utilizados fueron la turba rubia y la fibra de coco, la turba posee características como: pH (6), densidad aparente (0,24 g/cm³), capacidad de intercambio catiónico (88,7 meq/100g); mientras que la fibra de coco presenta características como: pH (6,2), densidad aparente (0,13 g/cm³), capacidad de intercambio catiónico (74,5 meq/100g).

2.3. Materiales e Insumos

2.3.1. Materiales

Baldes

Regla graduada

Probeta

Calibrador Vernier

Bandejas de germinación

2.3.2. Insumos

Semillas de tomate hortícola Pietro F1, HM. Clause, germinación mínima 90%, pureza mínima 99,5%

Sustrato turba TS1 Klasmann

Sustrato fibra de coco

Ácido húmico granulado

2.3.3. Material de oficina

Lápiz

Papel milimetrado

Computadora

2.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con un arreglo factorial: $2 * 3 + 2$ con 4 repeticiones, siendo el término 2 el número de testigos con el 100% de sustrato puro..

2.5. Factores de estudio

Sustratos

S1: Turba TS1 (turba rubia)

S2: Fibra de coco

Ácido húmico

AH1: 2%

AH2: 4%

AH3: 6%

2.6. Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron 8, los tres primeros tratamientos compuestos por un sustrato conocido en la localidad (turba), más la adición de ácido húmico en tres porcentajes (2%, 4%, 6%) ajustando al 100% del elemento total. Los otros 3 tratamientos restantes resultan de la combinación del sustrato conocido como fibra de coco usados en la germinación de semillas de tomate, más la adición de ácido húmico en tres porcentajes mencionados anteriormente, por último, se determinó 2 testigos compuestos enteramente por turba (100%) y fibra de coco (100%).

Tabla 3.**Tratamientos**

No.	Símbolo	Sustrato	Adición	Ácido húmico
1	S1AH1	Sustrato 1	+	2%
2	S1AH2	Sustrato 1	+	4%
3	S1AH3	Sustrato 1	+	6%
4	S2AH1	Sustrato 2	+	2%
5	S2AH2	Sustrato 2	+	4%
6	S2AH3	Sustrato 2	+	6%
7	T1	Turba	Sin	-
8	T2	Fibra de coco	Sin	-

2.6.1. Análisis

Para interpretar los resultados que se obtuvieron durante la investigación, se realizó el análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, mediante el software estadístico Infostat.

2.7. Características del ensayo**2.7.1. Características de las bandejas**

Dimensión externa: 12 cm x 18cm

Ancho: 12 cm

Largo: 18 cm

Área total: 216 cm²

Número de alveolos: 35

Dimensiones del alveolo: 2 cm x 2 cm

Ancho del alvéolo: 2 cm

Largo del alvéolo: 2 cm

Profundidad del alvéolo: 4 cm

2.7.2. Características de la parcela neta

Ancho: 8 cm

Largo: 14 cm

Área total: 112 cm²

Número de plántulas de la parcela: 35

Número de plántulas de la parcela neta: 15

Número de plántulas a muestrear: 10

Área total del ensayo: 4 m²

2.8. Registro de datos

El registro de datos se realizó a partir de los 21 días posteriores a la siembra de la semilla en el sustrato, una segunda vez a los 28 días y concluyendo con la toma de datos a los 35 días desde la siembra.

2.8.1. Variables respuesta

2.8.1.1. Porcentaje de germinación

En este aspecto se contabilizó la cantidad total de semillas que germinaron en el experimento y se procedió a determinar el porcentaje en base a:

Número de semillas germinadas/Número de semillas utilizadas X 100

2.8.1.2. Altura de planta

Con ayuda de una regla graduada se tomó la medida (cm) de diez plantas al azar, desde la base del sustrato hasta el ápice de la plántula, este dato se tomó a los 21, 28 y 35 días después de la siembra.

2.8.1.3. Diámetro del tallo

Para este dato se utilizó un calibrador Vernier (pie de rey), con el cual se tomó el diámetro del tallo (mm) a una altura de 2 cm de la base a diez plantas al azar a los 21, 28 y 35 días después de la siembra.

2.8.1.4. Volumen radicular

En este valor se tomó al azar diez plantas de cada tratamiento, a las cuales se le cortó a nivel de cuello y se determinó su volumen, por el principio de Arquímedes

(desplazamiento de masas) a los 35 días posteriores a la siembra. Para dicho método se hizo uso de una probeta graduada, con agua destilada en su interior en la cual se sumergió la raíz de la plántula previamente cortada a nivel de cuello, el volumen de la raíz fue igual al volumen (cc) del agua desplazada.

2.8.1.5. Área foliar

Para el cálculo de este valor se utilizó el método del papel milimetrado. Para esto se dibujó el contorno de la hoja en el papel, el área foliar (cm²) se obtuvo contando el número de cuadros que hay dentro del contorno del dibujo, este dato se registró a los 35 días después de la siembra.

2.9. Manejo del experimento

2.9.1. Semilla utilizada

Las semillas de tomate utilizadas son semillas certificadas (Pietro F1), HM. Clause, con un porcentaje de germinación mínima del 90% y una pureza mínima del 99,5 %. Además de haber sido tratadas con Tiram (C₆H₁₂N₂S₄).

2.9.2. Elaboración de los sustratos

Los sustratos se prepararon de acuerdo con las combinaciones detalladas anteriormente, para obtener los diferentes tratamientos. Para esto a los sustratos (Turba rubia TS1 y Fibra de coco) se les incorporó las tres dosis de ácido húmico (2%, 4% y 6%) que formaron parte del 100% del sustrato (ml).

2.9.3. Cubierta plástica

La cubierta plástica es una estructura de metal, cubierto con plástico de invernadero, forrado con plástico negro para facilitar la germinación, de una altura de 2,50 m y un área de 25 m². El plástico negro se retiró a los 10 días.

2.9.4. Características de las bandejas de germinación

Las bandejas de germinación son de poliuretano expandido (espuma flex), con unas dimensiones de 12 cm por 18 cm y una altura de 4cm, con capacidad de germinar 35 semillas por bandeja.

2.9.5. Colocación y distribución de los sustratos en las bandejas

Se colocaron los distintos sustratos en las bandejas, según los tratamientos, para ello se usaron 32 bandejas que serán las parcelas, siendo 8 tratamientos con 4 repeticiones.

2.9.6. Siembra

Al ser utilizado un paquete entero de semillas de tomate, fueron necesarias 32 bandejas de germinación donde fueron depositadas un total de 35 semillas por parcela, una semilla por alvéolo.

2.9.7. Riego

Los riegos se realizaron con ayuda de un atomizador y una regadera tipo ducha, efectuados dos veces durante el día, un riego en la mañana y otro en la tarde.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Porcentaje de germinación

Los promedios del porcentaje de germinación para cada tratamiento, cuyo promedio general fue de 94,74% se muestran en la tabla 4, valor que se obtuvo al décimo día desde la siembra, cabe destacar que todos los promedios generales de los tratamientos superaron el 90 %.

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5% a la variable porcentaje de germinación, se registró 2 rangos de significación (tabla 4). El porcentaje más elevado de germinación se reportó en el tratamiento SIAH1 (turba 98% + ácido húmico 2%) con un promedio de 99,29 %, valor ubicado en el primer rango de significación. Seguido de tratamientos que comparten el primer rango e inferiores; mientras que, el testigo T1 compuesto por turba 100% y T2 compuesto enteramente de fibra de coco 100% obtuvieron porcentajes de 93,57 % y 92,15 % respectivamente, valores ubicados en el segundo rango de significación.

Tabla 4.

Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de germinación a los 10 días

Medias (%) y rangos de significación		
Tratamientos	A los 10 días	
S1AH1	99,29	a
S2AH1	97,22	ab
S1AH3	96,43	ab
S2AH3	94,29	ab
T1	93,57	b
S1AH2	92,86	b
S2AH2	92,15	b
T2	92,15	b
\bar{x}	94,74	
EE	1,14	
P-valor	0,0013	
CV (%)	2,41	

a-b Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas, Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : Media general. CV: Coeficiente de variación.

Analizando los resultados estadísticos de la variable porcentaje de germinación de las semillas de tomate arrojados por Infostat, se puede decir que, el uso de turba y fibra de coco como sustratos de origen orgánico y más la adición de ácidos húmicos, para la producción de plántulas de tomate hortícola, mostraron un resultado favorable, en general, se alcanzaron y superaron el porcentaje de germinación mínima (90%) detallado en el paquete de las semillas de tomate hortícola utilizados en el experimento. De los tratamientos, el resultado más favorable lo obtuvo el S1AH1 (turba 98% + ácido húmico 2%) con un promedio general de 99,29 %. De igual manera, dentro de los tratamientos de fibra de coco el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento S2AH1 (fibra de coco 98% + ácido húmico 2%). Con estos datos se deduce que, el porcentaje de ácido húmico óptimo para un número favorable de semillas germinadas es del 2%, y el sustrato que mejor resultado reportó fue la turba.

Estos resultados pueden deberse a lo mencionado por **Domínguez et al (2017)**, señalando que la turba rubia es especialmente usada para germinación de semillas, debido a que las fibras alargadas de este sustrato proporcionan un gran volumen de aire, a la vez que retienen el agua con eficacia. Igualmente, en un estudio realizado en rábano, en el cual se hizo uso de ácidos húmicos para la germinación de las semillas, se obtuvieron resultados iguales y mejores con concentraciones de 0,1% de ácido húmico en comparaciones con concentraciones de 0, 25%, 0,50% y 0,75% (**Prakash et al., 2014**).

3.2. Altura de planta a los 21, 28 y 35 días

El crecimiento en altura a los 21, 28 y 35 días desde la siembra se muestran en la tabla 5, los cuáles reportan promedios generales de 5,51 cm a los 21 días, 5,81 cm a los 28 días y 5,98 cm a los 35 días.

Según datos basados en la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta a los 21, 28 y 35 días (tabla 5), el mismo que estableció 4 rangos de significación. El que presentó un mayor crecimiento en altura fue el tratamiento S1AH1 (turba 98% + ácidos húmicos 2%) con promedio de 7,21 cm a los 21 días, 7,43 cm a los 28 días y 7,57 en la lectura a los 35 días, los tres valores mencionados forman parte del primer rango. A este le siguen los demás tratamientos que comparten y se ubican rangos inferiores. Se destaca que en el último rango se encuentran el tratamiento S1AH3 (turba 94% + ácido húmico 6%) con promedios de 4,19 cm a los 21 días, 4,42 cm a los 28 días y 4,58 cm a los 35 días, junto con el tratamiento S2AH3 (fibra de coco 94% + ácido húmico 6%) que presentó promedios de 4,09 cm a los 21 días, 4,51 cm a los 28 días y 4,68 a los 35 días. Estos 2 últimos tratamientos presentan valores significativamente diferentes con respecto al tratamiento S1AH1 cuyos valores se encuentran en el primer rango.

Tabla 5.

Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta a los 21, 28 y 35 días

Medias (cm) y rangos de significación						
Tratamientos	A los 21 días		A los 28 días		A los 35 días	
S1AH1	7,21	a	7,43	a	7,57	a
S1AH2	5,58	bc	5,76	bc	5,92	bc
S1AH3	4,19	d	4,42	d	4,58	d
S2AH1	6,53	ab	6,8	ab	6,92	ab
S2AH2	5,98	bc	6,3	bc	6,44	bc
S2AH3	4,09	d	4,51	d	4,68	d
T1	5,31	bc	5,81	bc	5,96	bc
T2	5,17	c	5,49	c	5,78	c
\bar{x}	5,51		5,81		5,98	
EE	0,23		0,23		0,22	
P-valor	<0,0001		<0,0001		<0,0001	
CV (%)	8,23		7,83		7,51	

a-d Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas, Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : Media general. CV: Coeficiente de variación.

A partir de los resultados obtenidos se puede decir que, el uso de turba y fibra de coco como sustratos de origen orgánico y más la adición de ácidos húmicos, para la producción de plántulas de tomate hortícola, mostraron un efecto positivo en el crecimiento en altura, en algunos casos, en comparación con los testigos compuestos de turba 100% y fibra de coco 100%. Los resultados que mejor reflejan dicho crecimiento corresponden al tratamiento S1AH1, cuyo sustrato estuvo conformado por turba 98% más ácido húmico 2%, con un crecimiento en altura de 7,57 cm en la lectura final a los 35 días desde la siembra, del mismo modo el tratamiento compuesto del mismo porcentaje de ácido húmico 2% en el sustrato fibra de coco 98% obtuvo resultados muy favorables en altura, en comparación con los testigos, con 6,92 cm al final del experimento. Con estos datos podemos inferir que, el porcentaje apropiado de ácido húmico, en crecimiento en altura, adicionado a los sustratos turba y fibra de

coco es del 2% del volumen del sustrato total. Además, el sustrato que mejor resultados obtuvo con el 2 % de ácido húmico en su composición fue la turba.

De acuerdo a **Eyheraguibel et al (2008)** mencionan que los ácidos húmicos producen estímulos en el proceso germinativo de las semillas, promueve el crecimiento del tallo y demás órganos en muchas especies vegetales, debido al incremento en la capacidad de almacenar macronutrientes como el potasio y calcio, también de micronutrientes como el hierro. Igualmente la aplicación de sustancias húmicas en menor concentración y volumen para la obtención de resultados favorables sugiere una alternativa de producción saludable y poco agresiva con el medio ambiente (**Alvarez et al., 2020**).

3.3. Diámetro del tallo a los 21, 28 y 35 días

En la tabla 6 se reportan los valores del diámetro del tallo por tratamiento a los 21, 28 y 35 días desde la siembra, sus promedios generales fueron de 1,30 mm a los 21 días, 1,60 mm a los 28 días y 1,88 mm a los 35 días. Los mismos representan un incremento significativo en el crecimiento en el grosor del tallo, especialmente desde el día 21 al día 28.

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable diámetro del tallo de las plántulas, aplicado a los 21, 28 y 35 días (tabla 6), se determinaron 4 rangos de significación a los 21 días, 7 rangos a los 28 días y 6 rangos de significación a los 35 días. El tratamiento que presentó un mayor crecimiento en diámetro del tallo fue el S1AH1 (turba 98% + ácido húmico 2%) con promedios de 1,45 mm a los 21 días, 1,82 mm a los 28 días y 2,13 mm a los 35 días, valores que se ubican y comparten el primer rango de significación. Además, los tratamientos S1AH2 (turba 96% + ácido húmico 4%) y S2AH2 (fibra de coco 96% + ácido húmico 4%) comparten el primer rango de clasificación a los 21 días con promedios de 1,53 mm y 1,40 respectivamente. Dichos tratamientos están seguidos de varios que comparten rangos inferiores en comparación a los antes mencionados, destacando al tratamiento S1AH3 (turba 94% + ácido húmico 6%) cuyo promedio a los 28 días es de 1,35 mm, se ubica en el último rango de significación con respecto a la prueba en general.

Tabla 6.

Medias y prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable diámetro del tallo a los 21, 28 y 35 días

Medias (mm) y rangos de significación						
Tratamientos	A los 21 días		A los 28 días		A los 35 días	
S1AH1	1,45	ab	1,82	a	2,13	a
S1AH2	1,53	ab	1,68	bc	1,98	b
S1AH3	1,14	d	1,35	g	1,72	d
S2AH1	1,21	d	1,65	c	2	b
S2AH2	1,4	abc	1,72	bc	2,01	b
S2AH3	1,25	d	1,58	d	1,89	c
T1	1,3	bcd	1,52	e	1,68	e
T2	1,12	d	1,45	f	1,62	f
\bar{x}	1,30		1,60		1,88	
EE	0,04		0,01		0,01	
P-valor	<0,0001		<0,0001		<0,0001	
CV (%)	6,13		1,46		0,84	

a-g Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas, Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : Media general. CV: Coeficiente de variación.

En base a los resultados evaluados del diámetro del tallo, se deduce que, el uso de turba y fibra de coco como sustratos de origen orgánico y más la adición de ácidos húmicos, para la producción de plántulas de tomate, reportaron un efecto positivo en el crecimiento del diámetro del tallo, en la mayoría de los casos, en comparación con los testigos compuesto de un 100% de turba y un 100% de fibra de coco respectivamente, que reportaron un crecimiento menor al de los tratamientos. El mejor resultado se obtuvo del tratamiento S1AH1 cuyo sustrato estuvo conformado de turba 98% más ácido húmico 2%, con un diámetro de 2,13 mm en la lectura al final del experimento, superando en promedio con 0,45 mm al testigo conformado por 100% turba y 0,51 mm al testigo compuesto por 100% fibra de coco. Dentro de los tratamientos de fibra de coco se obtuvieron mejores resultados, en general, con respecto a los tratamientos de turba. Con lo descrito, se puede inferir que el porcentaje

con el cual el diámetro del tallo obtuvo resultados favorables es del 2% de ácido húmico en el volumen del sustrato total. Además, el sustrato que mejores resultados obtuvo con el 2% de ácido húmico en su composición total fue la turba.

Estos resultados pueden deberse a lo mencionado por **Arteaga et al (2006)**, las sustancias húmicas generalmente influyen de manera positiva en el desarrollo vegetativo de las plantas de tomate debido a que promueven el incremento en la permeabilidad de la membrana celular. Adicionalmente, las sustancias húmicas pueden actuar como reguladores de crecimiento en plantas superiores, lo cual les permite influir de manera directa sobre la fisiología de las mismas, también mejora la catálisis enzimática y los procesos de respiración y fotosíntesis (**Nardi et al., 2002**).

3.4. Volumen radicular

El promedio general del volumen radicular de la plántula de tomate reporta un valor de 1,51 cc (centímetros cúbicos) (tabla 7), valor tomado a los 35 días desde la siembra de la semilla en la bandeja de germinación.

La prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable volumen radicular, determinó 5 rangos de significación (tabla 7), que demuestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El sistema radicular con más desarrollo lo registró el tratamiento S1AH1 (turba 98% + ácido húmico 2%) con un promedio de 2,24 cc, valor ubicado en el primer rango de significación, seguido del tratamiento S2AH1 (fibra de coco 98% + ácido húmico 2%) y del tratamiento S2AH2 (fibra de coco 96% + ácido húmico 4%) con promedios de 1,76 cc y 1,71 respectivamente, lo cual los ubica en el segundo rango. Les siguen varios tratamientos en rangos inferiores, mientras que, el tratamiento S2AH3 (fibra de coco 94% + ácido húmico 6%) con un promedio de 1,12 cc, valor ubicado en el último rango de significación, presentó el sistema radicular con menor desarrollo.

Tabla 7.

Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable volumen radicular a los 35 días

Medias (cc) y rangos de significación		
Tratamientos	A los 35 días	
S1AH1	2,24	a
S2AH1	1,76	b
S2AH2	1,71	b
S1AH2	1,45	c
T1	1,34	cd
T2	1,30	cde
S1AH3	1,14	de
S2AH3	1,12	e
\bar{x}	1,51	
EE	0,04	
P-valor	<0,0001	
CV (%)	5,75	

a-e Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas, Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : Media general. CV: Coeficiente de variación.

A partir de los resultados de los análisis estadísticos aplicados a la variable volumen radicular, se puede deducir que, el uso de turba y fibra de coco como sustratos orgánicos y más la adición de ácidos húmicos para la producción de plántulas de tomate hortícola, reportaron un resultado favorable, en comparación con los testigos. De esta manera, el mejor resultado en cuanto a volumen del sistema radicular lo reporta el tratamiento compuesto por turba 98% más ácidos húmicos 2% con un promedio general de 2,24 cc al final del experimento, superando con 0,90 cc al primer testigo compuesto de turba 100% y 0,94 cc al segundo testigo conformado por fibra de coco 100%. Con esto se puede afirmar que, el porcentaje adecuado para resultados favorables en el desarrollo del sistema radicular es del 2% de ácidos húmicos en el volumen del sustrato total. Además, el sustrato que mejores resultados reportó, en promedio, fue la turba.

De acuerdo al ensayo realizado por **Pérez Reyes et al (2016)**, se reporta el uso de ácidos húmicos para la evaluación de variables morfológicas en plantas superiores, reportando resultados favorables tanto en biomasa fresca de raíz y de la parte aérea con aplicaciones de dosis relativamente bajas de sustancias húmicas. Igualmente, la aplicación de sustancias húmicas al suelo estimula el crecimiento del sistema radicular de varias especies de plantas (**Chen et al., 2004**).

3.5. Área foliar

En tabla 8 se reportan los valores del área foliar, con un promedio general de 10,19 cm², valor tomado a los 35 días desde la siembra de la semilla en la bandeja de germinación.

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable área foliar, se distinguieron 6 rangos de significación (tabla 8). El mayor desarrollo en área foliar lo presentó el tratamiento S1AH1 (turba 98% + ácido húmico 2%) con un promedio de 12,21 cm², valor ubicado en el primer rango de significación, valor tomado a los 35 días. Por otro lado, el testigo conformado 100% de turba y el testigo compuesto 100% de fibra de coco con promedios de 9,43 cm² y 8,30 cm² respectivamente, ocuparon el penúltimo y último rango de significación, en su orden.

Tabla 8.

Medias y prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable área foliar a los 35 días

Medias (cm²) y rangos de significación		
Tratamientos	A los 35 días	
S1AH1	12,21	a
S2AH1	11,31	b
S2AH2	10,42	c
S1AH2	10,36	cd
S1AH3	10,20	d
T1	9,43	e
S2AH3	9,27	e
T2	8,30	f
\bar{x}	10,19	
EE	0,04	
P-valor	<0,0001	
CV (%)	0,82	

a-f Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas, Tukey ($p > 0,05$). \bar{x} : Media general. CV: Coeficiente de variación.

Analizando los resultados estadísticos de la evaluación a la variable área foliar, se puede deducir que, el uso de turba y fibra de coco como sustratos de origen orgánico y más la adición de ácidos húmicos, para la obtención de plántulas de tomate, registraron valores que representan efectos positivos en el desarrollo de la parte área de las plántulas, en general, en comparación con los testigos que reportaron un crecimiento menor. El mejor resultado se ve reflejado en el tratamiento compuesto por turba 98% más ácido húmico 2% con un promedio de 12,21 cm² al final del experimento, 2,78 cm² más que el testigo 1 compuesto de turba 100% y 3,91 cm² más que el testigo 2 conformado de fibra de coco 100%. Dentro de los tratamientos de fibra de coco se destaca el tratamiento compuesto por fibra de coco 98% más ácido húmico 2% con un promedio en área foliar de 11,31 cm². Por ende, se puede afirmar que, el porcentaje adecuado para resultados favorables en el desarrollo del sistema radicular

es del 2% de ácidos húmicos en el volumen del sustrato total. Además, el sustrato que mejores resultados reportó, en promedio, fue la turba.

En este sentido **Veobides Amador et al (2018)** mencionan que una de las funciones de las sustancias húmicas es el potencial para disminuir los efectos del estrés hídrico de las plantas, con lo cual se evita en parte la pérdida de biomasa fresca. De igual manera, **Arteaga et al (2006)**, en su ensayo relacionado con aplicación de sustancias húmicas en tomate, reportan el incremento de los índices foliares (biomasa aérea), pudiendo intervenir en el proceso fotosintético, estimulando enzimas involucradas en la asimilación de nitratos y amonio en las hojas, también recalcan que dichos resultados pueden estar relacionados con el efecto de la aplicación de sustancias húmicas a bajas concentraciones.

3.6. Costos de producción

En la tabla 9, se presentan los costos de producción generales del experimento, se reportan entre otros los valores de \$ 136,40 para materiales e insumos, \$ 15,00 para costos de mano de obra, dando un total de \$ 151,40.

Tabla 9.**Costos de producción**

Materiales e Insumos					Mano de obra				
Materiales / Insumos	No.	Unidad de medida	Costo unit. \$	Sub total \$	Labores	No.	Unidad de medida	Costo unit. \$	Sub total \$
Cubierta plástica	1	Unidad	10,00	10,00	Preparación de sustratos	1	1/2 jornada	7,50	7,50
Semillas de tomate F1 var. Pietro.	1	Sobre	100,00	100,00	Siembra	1	1/4 jornada	3,75	3,75
Sustrato Turba TS1	12	Litros	0,50	6,00	Riegos	1	1/4 jornada	3,75	3,75
Sustrato fibra de coco	12	Litros	0,45	5,40					
Ácido húmico granulado	3	Libras	1,00	3,00					
Bandejas	4	Unidad	3,00	12,00					
Sub Total				136,40					15,00
Total								151,40 \$	

En la tabla 10, se indican los costos de producción del experimento diferenciados por tratamiento. Los costos totales varían básicamente por el precio de cada sustrato y las proporciones de ácido húmico utilizadas, por lo tanto, los costos de los testigos son menores al resto de tratamientos de su mismo sustrato respectivamente. Por otro lado, el costo de producción unitario por plántulas es de 0,12 centavos de dólar para los tratamientos compuestos por turba 98% + ácido húmico 2% y fibra de coco 98% + ácido húmico 2%; mientras que, el resto de los tratamientos y testigos compartieron un costo de 0,13 centavos de dólar. Dichas cifras estuvieron influenciadas por el total de plántulas producidas y este a su vez por el porcentaje de germinación de cada tratamiento.

Tabla 10.***Costos de producción por tratamiento y por plántula***

Tratamientos	Materiales \$	Mano de obra \$	Costos de sustratos \$	Costo total \$	Total de plantas producidas	Costo unitario por planta \$
S1AH1	14,00	1,87	0,87	16,74	139	0,12
S1AH2	14,00	1,87	0,99	16,86	130	0,13
S1AH3	14,00	1,87	1,11	16,98	135	0,13
S2AH1	14,00	1,87	0,79	16,66	136	0,12
S2AH2	14,00	1,87	0,91	16,78	130	0,13
S2AH3	14,00	1,87	1,03	16,90	132	0,13
T1	14,00	1,87	0,75	16,62	131	0,13
T2	14,00	1,87	0,67	16,54	129	0,13

3.7. Verificación de hipótesis

En base a los resultados del análisis estadístico aplicado a las variables morfológicas relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate (*Solanum lyopersicum*) var. Pietro, se acepta la hipótesis, relacionado con, la adición de ácidos húmicos permite mejorar los sustratos de origen orgánico, turba y fibra de coco, por lo tanto, el desarrollo de las plántulas fue de una calidad superior, tanto en porcentaje de germinación, altura, diámetro del tallo, volumen radicular y área foliar.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El tratamiento compuesto por turba 98% + ácidos húmicos 2%, fue el que mejores resultados reportó, al ser el mejor sustrato para la germinación de las semillas de tomate de entre todos los demás tratamientos. En este sentido, se produjo un porcentaje de germinación de 99,29% a los 10 días desde la siembra, valor que se destaca por sobre los demás sustratos y en especial de los testigos conformados de turba 100% y fibra de coco 100% con porcentajes de germinación de 93,57 % y 92,15 % respectivamente.

La aplicación de ácidos húmicos en sustratos orgánicos (turba, fibra de coco) para la obtención de plántulas de tomate favoreció, en general, el crecimiento y desarrollo de las mismas. El sustrato conformado por turba 98% + ácido húmico 2%, fue el tratamiento que reportó los resultados más propicios, en relación con las variables evaluadas. En este aspecto, se obtuvo el mayor crecimiento en altura a los 35 días desde la siembra (7,57 cm). El diámetro del tallo fue mayor de entre todos los tratamientos, como en el reportado a los 35 días (2,13 mm). Así mismo, el volumen radicular de las plántulas de este tratamiento obtuvo un resultado más significativo (2,24 cc), destacándose también en el desarrollo del área foliar (12,21 cm²), valor superior al resultado de los demás tratamientos y de los testigos al final del experimento.

El costo de producción de las plántulas por tratamientos fue de 0,12 centavos de dólar para los tratamientos compuestos por turba 98% + ácido húmico 2% y fibra de coco 98% + ácido húmico 2%; mientras que, el resto de los tratamientos de turba y fibra de coco compartieron el costo por plántula de 0,13 centavos de dólar, incluidos los testigos. Dichos costos de producción estuvieron directamente influenciados por el número de plántulas obtenidas, que a su vez está relacionado con el porcentaje de germinación de cada tratamiento.

4.2. Recomendaciones

En todo este proceso investigativo se presentaron algunos inconvenientes relacionados con el desconocimiento sobre varios aspectos de este tema. Por esa razón,

es viable la visita a piloneras y productores hortícolas que puedan aclarar algunas dudas sobre el proceso de producción de plántulas y también es factible reafirmar dicha información con literatura relacionada.

Realizar ensayos en plantas de la misma familia con aplicaciones de bioestimulantes orgánicos en sustratos con diferentes proporciones, para evaluar características morfológicas. Con el fin de obtener resultados que permitan mejorar los sistemas de producción actuales y aportar al desarrollo de dicho sector.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., Fornes, F., Carrión, C., Noguera, V., Noguera, P., Maquieira, Á., & Puchades, R. (2005). Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *HortScience*, 40(7), 2138–2144. <https://doi.org/10.21273/hortsci.40.7.2138>
- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., & Noguera, V. (2002). Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82(3), 241–245. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00189-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00189-4)
- Abdellatif, I. M. Y., Abdel-Ati, Y. Y., Abdel-Mageed, Y. T., & Hassan, M. A. M. M. (2017). Effect of Humic Acid on Growth and Productivity of Tomato Plants under Heat Stress. *Journal of Horticultural Research*, 25(2), 59–66. <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0022>
- Alvarez, J., Martínez, D., & Guridi, F. (2020). Efecto de un extracto húmico en indicadores productivos en *Zea mays* L. *Revista Amazónica*, 9(2), 19–28.
- Álvarez, T., & Armendaris, J. (2015). La industria de semillas hortícolas y la producción de hortalizas en el Ecuador, en el marco de la soberanía alimentaria [Universidad Politécnica Salesiana]. In *Tesis*. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079>
- Arteaga, M., Garces, N., Grurido, F., Pino, J. A., Lopez, A., Menendez, J. L., & Cartaya, O. (2006). EVALUACIÓN DE LAS APLICACIONES FOLIARES DE HUMUS LÍQUIDO EN EL CULTIVO DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) VAR. AMALIA EN CONDICIONES DE PRODUCCIÓN. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 95–101.
- Atherton, J., & Rudich, J. (Eds.). (2012). *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. Springer Science & Business Media.
- Bardales, E. (2016). *Evaluación de seis sustratos tipo peat-moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de pilones de tomate (Solanum lycopersicum L.), en los viveros de super pilón, S.A.; El Tejar, Chimaltenango, Guatemala*.

[Universidad de San Carlos de Guatemala].
<http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>

- Bhowmik, D., Kumar, K. P. S., Paswan, S., & Srivastava, S. (2012). Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Phytojournal*, 1(1), 33–43.
- Chen, Y., Magen, H., & Clapp, C. E. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(7), 1089–1095. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura substrates in horticulture. *Revista Biociencias*, 2(2), 17–26.
- Domínguez, E., Leod, C. M., Águila, K., & Ojeda, A. (2017). Cómo utilizar la turba rubia de Sphagnum en horticultura. In *Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Kampenaike* (Issue November). [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4876/Informativo INIA N° 75?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4876/Informativo%20INIA%20N%C2%BA%2075?sequence=1&isAllowed=y)
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, 99(10), 4206–4212. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>
- FAOSTAT (2020). Production – Crops – Area harvested/ Production quantity – Tomatoes – 2020, FAO Statistics online database, Food and Agriculture Organization, Rome, <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (Consultado el 21 Junio del 2022).
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., & Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <http://ediciones.inca.edu.cu/octubre-diciembre>
- Knapp, S., & Peralta, I. E. (2016). *The Tomato Genome*. 7–21.

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53389-5>

- Martínez, C. X., Bravo, I., & Martín, F. J. (2013). Molecular composition of humic acids evaluated by pyrolysis – gas chromatography – mass spectrometry and thermally assisted hydrolysis and methylation in high Colombian Andean soils. *Rev.Colomb. Quim.*, 42(1), 1–8. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v42n1/v42n1a03.pdf>
- Martínez, P.-F., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *Sustratos, Manejo Del Clima, Automatización y Control En Sistemas de Cultivo Sin Suelo*, 37–77.
- Masaguer, A., & López-cuadrado, M. C. (2006). Sustratos para viveros. *Viveros/Extra*, 8.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527–1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Nesmith, D. S. (1999). Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(5), 458–461.
- OECD. (2017). Safety Assessment of Transgenic Organisms. In *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1787/9789264053465-en>
- Osman, A. S., & Rady, M. M. (2014). Effect of humic acid as an additive to growing media to enhance the production of eggplant and tomato transplants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(3), 237–244. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513074>
- Pastor, J. (1999). Use of Growing Mediums in the Nursery Production. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231–235. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pérez Reyes, J. J., Abasolo Pacheco, F., Yépez Rosado, Á. J., Luna Murillo, R. A., Zambrano Burgos, D., Vázquez Morán, V., Cabrera Bravo, D., Guzmán Acurio,

J., Torres Rodriguez, J., & Rodríguez Mendoza, W. (2016). *ACIDOS HÚMICOS Y SU EFECTO SOBRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EN PLANTAS DE ZANAHORIA (Daucus carota L) HUMIC ACIDS AND THEIR EFFECT ON MORPHOMETRIC VARIABLES*. 25–29.

Prakash, P., Roniesha, A., Nandhini, S., Masilamani, S., Thirugnanasambandam, R., & Stanley, A. (2014). Effect of humic acid on seed germination of Rophanus Sativus L. *International Journal of ChemTech Research*, 6(9), 4180–4185.

Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. de J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 1–13. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>

Veobides Amador, H., Guridi Izquierdo, F., & Vázquez Padrón, V. (2018). Humic substances as plants biostimulants under environmental stress conditions. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102–109. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000400015&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttps://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193105799

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%	32	0,65	0,49	2,41

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	11,12	3	3,71	0,71	0,5553
Tratamientos	192,89	7	27,56	5,3	0,0013
Error	109,27	21	5,2		
Total	313,28	31			

Anexo 2. Cuadro de análisis de varianza de la variable altura de planta a los 21 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura cm	32	0,89	0,83	8,23

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,98	3	0,33	1,59	0,2207
Tratamientos	32,29	7	4,61	22,47	<0,0001
Error	4,31	21	0,21		
Total	37,59	31			

Anexo 3. Cuadro de análisis de varianza de la variable altura de planta a los 28 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura cm	32	0,88	0,82	7,83

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,92	3	0,31	1,48	0,2499
Tratamientos	30,31	7	4,33	20,93	<0,0001
Error	4,34	21	0,21		
Total	35,57	31			

Anexo 4. Cuadro de análisis de varianza de la variable altura de planta a los 35 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura cm	32	0,88	0,82	7,51

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	1,02	3	0,34	1,68	0,2018
Tratamientos	29,22	7	4,17	20,68	<0,0001
Error	4,24	21	0,2		
Total	34,47	31			

Anexo 5. Cuadro de análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 21 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diám. mm	32	0,83	0,74	6,13

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,03	3	0,01	1,46	0,2541
Tratamientos	0,61	7	0,09	13,73	<0,0001
Error	0,13	21	0,01		
Total	0,77	31			

Anexo 6. Cuadro de análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 28 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diám. mm	32	0,98	0,97	1,46

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	2,30E-03	3	7,60E-04	1,4	0,2695
Tratamientos	0,66	7	0,09	172,58	<0,0001
Error	0,01	21	5,40E-04		
Total	0,67	31			

Anexo 7. Cuadro de análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 35 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diám. mm	32	0,99	0,99	0,84

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	1,4E-03	3	4,70E-04	1,89	0,162
Tratamientos	0,95	7	0,14	543,63	<0,0001
Error	0,01	21	2,50E-04		
Total	0,95	31			

Anexo 8. Cuadro de análisis de varianza de la variable volumen radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volum. cc	32	0,96	0,94	5,75

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,02	3	0,01	1,05	0,3901
Tratamientos	3,98	7	0,57	75,55	<0,0001
Error	0,16	21	0,01		
Total	4,16	31			

Anexo 9. Cuadro de análisis de varianza de la variable área foliar

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ár. F cm ²	32	1,00	0,99	0,82

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,04	3	0,01	1,76	0,1862
Tratamientos	41,55	7	5,94	860,29	<0,0001
Error	0,14	21	0,01		
Total	41,73	31			

Anexo 10. Fotografías del ensayo



Sustratos turba rubia y fibra de coco



Ácido húmico granulado



Adición de ácido húmico granulado al sustrato fibra de coco



Mezcla del sustrato con el ácido húmico



Adición de ácido húmico al sustrato turba



Semillas de tomate var. Pietro F1



Siembra y cobertura de las semillas en las bandejas previamente etiquetadas para cada tratamiento



Toma de datos de la variable porcentaje de germinación a los 10 días



Toma de datos de la variable altura de planta y diámetro del tallo