



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Carrera de Ingeniería Agronómica**

*Evaluación de alternativas a la utilización de turba en semilleros de cultivos de ciclo corto bajo invernadero*

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de  
Ingeniera Agrónoma

**AUTORA:**

María José Jaramillo Munive

C.I.: 0103738142

Correo electrónico: [imaj7022@gmail.com](mailto:imaj7022@gmail.com)

**DIRECTOR:**

Ing. Eduardo José Chica Martínez, PhD.

C.I.: 0912795101

Cuenca-Ecuador

28 de marzo de 2022



## Resumen

En los últimos años se ha incrementado la producción de hortalizas a gran escala, lo que representa un aumento de los rendimientos. Este aumento se debe principalmente a la aplicación de sistemas de producción bajo invernadero que ayudan a mejorar los rendimientos de un cultivo, pero demandan y dependen de agroquímicos e insumos importados que tienen precios altos y su producción genera contaminación. Por lo que, el principal objetivo de este proyecto fue realizar la caracterización de distintas proporciones de materias primas locales como una alternativa para reducir el uso de la turba como componente principal de los sustratos hortícolas que permitan a los productores obtener plántulas de calidad, y de esta manera no depender de componentes sintéticos de alto valor económico. Fueron evaluadas 4 alternativas de sustratos en distintas proporciones (0, 25, 50 y 75%) en 3 especies de hortalizas (Melón, Tomate cherry y Lechuga). Luego de elaborar las mezclas de los sustratos, se realizó la caracterización física (retención de humedad), química (pH, conductividad eléctrica) y biológica (libres de patógenos y malezas) inicial de cada sustrato. Se utilizaron bandejas de germinación de 98 hoyos para el melón y tomate cherry y de 200 hoyos para la lechuga. La evaluación del desarrollo de las plántulas de tomate, lechuga y melón fue realizado a los 60 días (altura total, número de hojas desarrolladas, diámetro de tallo, área foliar, biomasa aérea y radicular). Los resultados obtenidos fueron similares en la mayoría de parámetros evaluados al tratamiento control con una reducción de hasta el 75% de turba en la preparación de cada sustrato.

**Palabras clave:** Sustratos. Turba. Horticultura. Invernadero. Semilleros.



## Abstract

In recent years, large-scale vegetable production has increased, which represents an increase in yields. This increase is mainly due to the application of greenhouse production systems that help improve crop yields, but demand and depend on agrochemicals and imported inputs that have high prices and their production generates pollution. Therefore, the main objective of this project was to characterize different proportions of local raw materials as an alternative to reduce the use of peat as the main component of horticultural substrates that allow producers to obtain quality seedlings, and this way not to depend on synthetic components of high economic value. Four alternative substrates were evaluated in different proportions (0, 25, 50 and 75%) in 3 species of vegetables (Melon, Cherry Tomato and Lettuce). After preparing the mixtures of the substrates, the initial physical (moisture retention), chemical (pH, electrical conductivity) and biological (free of pathogens and weeds) characterization of each substrate was carried out. Germination trays with 98 holes were used for melon and cherry tomato and 200 holes for lettuce. The evaluation of the development of tomato, lettuce and melon seedlings was carried out at 60 days (total height, number of developed leaves, stem diameter, leaf area, aerial and root biomass). The results obtained were similar in most of the parameters evaluated to the control treatment (peat) with a reduction of up to 75%.

**Keywords:** Substrates. Peat. Horticulture. Greenhouse. Seedbed..



## Contenido

Resumen .....	2
Abstract.....	3
Contenido.....	4
1.    Introducción.....	7
2.    Objetivos .....	10
2.1.    Objetivo general .....	10
2.2.    Objetivos específicos .....	10
3.    Revisión De Literatura .....	11
3.1.    Las Turberas .....	11
3.1.1.    Efectos de la extracción de turba para uso agrícola .....	11
3.2.    Sustrato hortícola.....	13
3.2.1.    Funciones de un sustrato .....	13
3.2.2.    Características de un sustrato .....	14
3.2.3.    Sustratos con residuos orgánicos .....	14
3.3.    Invernadero .....	17
3.4.    Cultivos hortícolas .....	17
3.5.    El melón ( <i>Cucumis melo L.</i> ) .....	17
3.5.1.    Clasificación taxonómica del melón .....	17
3.5.2.    Requerimientos edafoclimáticos.....	18
3.5.3.    Variedades .....	18
3.5.3.1.    Híbrido Edisto 47 .....	18
3.6.    Tomate cherry ( <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> ).....	18
3.6.1.    Clasificación taxonómica del tomate cherry.....	19
3.6.2.    Requerimientos edafoclimáticos.....	19
3.6.3.    Variedades .....	19
3.6.3.1.    Variedad Red Cherry.....	19
3.7.    Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	20
3.7.1.    Clasificación taxonómica .....	20
3.7.2.    Requerimientos edafoclimáticos.....	20
3.7.3.    Variedades .....	21
3.7.3.1.    Variedad Great lakes.....	21
4.    Materiales y Métodos.....	21
4.1.    Área de estudio .....	21
4.2.    Materiales y equipos .....	21



4.3. Metodología.....	22
4.3.1. <i>Metodología del primer objetivo específico (Formulación de sustratos).....</i>	22
4.3.1.1. <i>Biocompost India®.....</i>	22
4.3.1.2. <i>Turba BM2 Berger® .....</i>	22
4.3.1.3. <i>Cascarilla de Arroz .....</i>	22
4.3.1.4. <i>Material vegetal y siembra.....</i>	24
4.3.1.5. <i>Diseño experimental.....</i>	25
4.3.1.6. <i>Unidad Experimental .....</i>	25
4.4. Caracterización química, física y biológica de los sustratos alternativos preparados con mezclas de turba, cascarilla de arroz y compost vegetal .....	26
4.4.1. Metodología del segundo objetivo específico (Comparar las características de las plántulas producidas en los sustratos de semillero alternativos respecto a las plántulas producidas en sustrato comercial a base de turba).....	28
5. Resultados y Discusión.....	29
5.1. Caracterización química, física y biológica de los sustratos.....	29
5.1.1. pH.....	29
5.1.2. Conductividad eléctrica .....	29
5.1.3. Densidad aparente.....	29
5.1.4. Curvas de Retención de humedad.....	30
5.2. Características de las plántulas producidas en los sustratos de semillero alternativos respecto a las plántulas producidas en sustrato comercial a base de turba .	31
5.2.1. Melón ( <i>Cucumis melo L.</i> ) .....	31
5.2.1.1. <i>Porcentaje de germinación.....</i>	31
5.2.1.2. <i>Características de crecimiento.....</i>	32
5.2.2. Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ).....	35
5.2.2.1. <i>Porcentaje de germinación.....</i>	35
5.2.2.2. <i>Características de crecimiento.....</i>	35
5.2.3. Tomate Cherry ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) .....	38
5.2.3.2. <i>Características de crecimiento.....</i>	38
6. Conclusiones Y Recomendaciones.....	42
Bibliografía.....	44



## Índice de tablas

Tabla 1.....	23
Concentración de elementos de la solución nutritiva aplicada a los sustratos una vez por semana.....	23
Tabla 2.....	24
Proporciones (% por volumen) de cada componente para el diseño de los sustratos a ser evaluados .....	24
Tabla 3.....	30
Resultados de los análisis de pH, C.E. y densidad aparente aplicados a los sustratos evaluados .....	30
Tabla 4.....	33
Tabla 5.....	36
Tabla 6.....	38

## Índice de figuras

Figura 1 .....	26
Figura 2.....	31
Figura 3.....	32
Figura 4.....	34
Figura 5.....	37
Figura 6.....	40
Figura 7.....	42



## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

María José Jaramillo Munive en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación de alternativas a la utilización de turba en semilleros de cultivos de ciclo corto bajo invernadero”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 marzo de 2022

---

María José Jaramillo Munive

C.I: 0103738142



## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

María José Jaramillo Munive autora del trabajo de titulación **“Evaluación de alternativas a la utilización de turba en semilleros de cultivos de ciclo corto bajo invernadero”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 28 marzo de 2022

---

María José Jaramillo Munive

C.I: 0103738142



## 1. Introducción

Para el año 2050 se espera que la población mundial alcance los 10 mil millones, incrementando la demanda de verduras, frutas y flores rápidamente. La producción mundial de alimentos tendrá que aumentar hasta en un 70% con respecto a los niveles de producción actuales para 2050, y es probable que las necesidades de producción de hortalizas sean aún mayores. (Hunter, Smith, Schipanski, Atwood, & Mortensen, 2017). Al mismo tiempo, la expansión de la agricultura tradicional es cada vez más difícil y debe evitarse, incrementando de manera progresiva la producción intensiva y a gran escala de verduras y frutas en invernaderos utilizando mezclas o sustratos de sustratos de cultivo estandarizados de alta calidad, que permitan obtener plántulas uniformes de calidad que se cultiven de manera económica con una productividad muy alta. (Altmann, 2008).

En la actualidad la tendencia en la investigación de sustratos para el crecimiento de plantas se enfoca en la búsqueda de materiales o mezclas en los que, además de proveer a las plantas buenas condiciones de crecimiento tengan en consideración la disminución del impacto ambiental producido por el uso de sustratos comerciales, fertilizantes, pesticidas, etc., así como también reducir costos de producción. (Cruz Crespo, y otros, 2009).

El Ecuador un país agrícola, el cual cuenta en sus regiones con diversos tipos de suelos y temperaturas adecuados para llevar a cabo actividades de campo con cultivos de un gran valor nutricional como son los frutales y las hortalizas; por este motivo, es importante el estudio de alternativas que permitan que la producción de estos cultivos mejore, y contribuir de esta manera al desarrollo de zonas agrícolas y fortalecer la seguridad alimentaria del país. Uno de los grandes retos para la agricultura ecuatoriana



actual es que los productos sean de buena calidad y cumplan con los estándares necesarios para su exportación, con esta investigación se pretende reducir el uso de sustratos comerciales como la turba, aprovechando como una ventaja la utilización de subproductos agrícolas que permitan obtener productos de calidad a bajo costo, que beneficien a productores y consumidores del país.

Comercialmente, la turba es el principal sustrato que se ha utilizado en semilleros hortícolas, ya que posee propiedades muy favorables para la germinación y desarrollo de plántulas. No obstante, uno de los problemas de depender del uso de la turba es que es un recurso natural no renovable a corto plazo por lo que, en los últimos años, se están estudiando alternativas que sustituyan a este sustrato (Tortosa, 2013). Según Albareda et. al., (2008) se vienen experimentando diferentes alternativas al uso de la turba, entre ellas los compost de residuos de orgánicos, que ha demostrado dar buenos resultados.

Adicionalmente, el uso de alternativas como el compost vegetal representa una vía de reciclaje de residuos, respetuoso con el medio ambiente y con un coste inferior al 20% de todo el proceso. Buscar alternativas sustentables al uso de la turba es importante pues se atenuaría la dependencia a este sustrato que, si bien da buenos resultados en los semilleros, su extracción acarrea grandes problemas ambientales.

El uso de semilleros favorece la germinación de la semilla, pues se puede controlar en gran parte la humedad, la temperatura, nutrientes, etc., es decir que debe preparar a la plántula para su posterior trasplante en un sustrato y ambiente adecuado (invernadero), este debe contar con las condiciones adecuadas pues la etapa inicial de los cultivos hortícolas constituye el momento más importante en el crecimiento de las plantas (FAO,2011), por lo que una buena producción depende en gran parte de las condiciones iniciales de cultivo, es por ello que la finalidad de cualquier mezcla para elaborar un sustrato debe estar enfocada en obtener plantas de calidad, en un tiempo relativamente



corto, y que sea rentable para el productor (De Grazia et al., 2007). Para Delgado & Miralles (2016), el uso de sustratos que no requieran la utilización de turba o recursos renovables, o sean total o parcialmente reemplazados por residuos de origen vegetal o animal, puede ayudar a reciclar sus nutrientes.

El aumento de la tasa de crecimiento de la población mundial y el mayor consumo que conlleva en bienes y servicios han generado un aumento de residuos orgánicos procedentes de los hogares, la industria, la agricultura, etc., La importancia de hallar un sustrato alternativo a la turba, radica en aprovechar estos materiales, dándoles un nuevo uso como sustrato, reduciendo de esta forma los problemas ambientales creados por la explotación de las turberas y el mal uso de los desechos orgánicos (Barthod et al., 2018).

Uno de los principales objetivos de investigación actualmente dentro de nuestro país en el ámbito de la agricultura está orientado en intensificar los sistemas de producción para lograr sacar los productos en el menor tiempo posible, para esto se requieren conocimientos más profundos a cerca de los cultivos con el fin de aprovechar los recursos disponibles de una manera más racional y óptima. Ante estos antecedentes se presentan los siguientes objetivos.



## 2.

## Objetivos

### 2.1. Objetivo general

- Evaluar sustratos elaborados en base a mezclas de turba, cascarilla de arroz y compost vegetal que permitan reducir el uso de turba como componente principal en la producción de plántulas de lechuga, tomate cherry y melón.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características químicas, físicas y biológicamente los sustratos alternativos preparados con mezclas turba, cascarilla de arroz y compost vegetal.
- Identificar el sustrato de mayor eficacia mediante la comparación de las características de las plántulas producidas en los sustratos de semillero alternativos respecto a las plántulas producidas en turba.



### 3. Revisión De Literatura

#### 3.1. Las Turberas

Según Ceglie (2015), una turbera es un ecosistema formado durante miles de años por la acumulación de material vegetal sin descomponer. Las turberas son entornos acuosos en los crece un tipo de vegetación, generalmente musgo del género *Sphagnum*, que cuando muere se queda bajo el agua bajo condiciones anóxicas. Por lo tanto, los microorganismos encargados de su descomposición no tienen suficiente oxígeno para descomponerla completamente y se queda tal cual, o en estado semi descompuesto.

Mientras pasa el tiempo se van acumulando capas de este material, las que quedan al fondo, acumulan calor y suficiente presión, dando lugar al carbón, con lo que se puede decir que la turba es el primordio del carbón.

El musgo *Sphagnum* es la especie más importante en la turbera, es altamente absorbente y puede contener hasta 20 veces su peso en agua. Cuando este musgo muere se desintegra y se descompone formando turba. Una turbera activa es la que forma turba a partir del musgo *Sphagnum* (Kingston et al., 2017)

Las turberas en estado natural son entornos altamente ácidos y pobres en nutrientes, la materia orgánica no está descompuesta y los nutrientes no pasan nuevamente al suelo, se quedan almacenados en esta materia orgánica. Se forma a una tasa de más o menos 1 cm cada 10 años (Alexeeva, 2009).

##### 3.1.1. *Efectos de la extracción de turba para uso agrícola*



El CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero, las emisiones de este gas causan que el planeta se caliente y por ende ser derritan los polos causando graves problemas ambientales, en estado natural las turberas pueden almacenar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, regulando de esta manera el clima (FAO, s.f.).

Para la FAO (s.f.), si las turberas son alteradas de alguna manera, toda la materia orgánica contenida en este ecosistema se comienza a descomponer por acción del oxígeno que activa los microorganismos aerobios, todo el CO<sub>2</sub> almacenado se libera nuevamente a la atmósfera interviniendo negativamente en el cambio climático.

Todas las turberas del mundo almacenan agua, lo que es gran beneficio pues evitan las sequías. Además, es el hábitat de muchas especies únicas entre fauna y flora, lo que lo hace extremadamente frágil. Casi siempre se encuentran en zonas altas y frías de Europa del norte, son ecosistemas relictos de la última glaciación hace unos 10 mil años aproximadamente. Al derretirse este hielo se creó una zona encharcada donde comenzó a crecer musgo Sphagnum, que cambió las condiciones físicas y químicas de la zona, dando lugar a las turberas. Arqueólogos han usado estos ambientes para estudiar materiales que han llegado este ecosistema, pues a pesar del tiempo permanecen prácticamente inmutables (Crockett, 2015). A lo largo de la historia, las turberas han sido utilizadas con diferentes propósitos, por ejemplo, durante la segunda guerra mundial el musgo era enviado a hospitales para curar a soldados heridos en combate.

Posteriormente empresas termoeléctricas empezaron a utilizar la turba como combustible pues es una fuente primitiva de carbón (Friede, 2014). Según Domínguez et. al. (2017), a principios del año 1960 cuando decaía el negocio de la calefacción, los empresarios comenzaron a notar que la turba ya se venía utilizando en la agricultura como medio de cultivo, es ahí donde se inició la explotación de la turba a gran escala.

Anualmente la industria de la extracción de turba, aporta con al menos un 5% de gases



de efecto invernadero, emitidos por la remoción de turba y los incendios que se provocan para drenarla, las turberas secas se incendian fácilmente y el fuego no puede extinguirse porque siguen ardiendo bajo tierra (FAO, s.f.).

En contraposición a estas actividades las organizaciones ambientalistas quieren detener la extracción de turba pues es su extracción muy dañina para el clima como para la naturaleza. Hasta el año 2019 en Alemania, el 97% de las turberas fueron drenadas, por esta razón la mayor parte de estos entornos están protegidos y se debe obtener una licencia especial para realizar estas actividades. Obtener una licencia, es un proceso muy tardado, por ello, los empresarios mueven sus actividades a otros ecosistemas menos protegidos. Los dueños de estas empresas no creen que la extracción sea una actividad agresiva y afirman que no destruyen las turberas vírgenes por lo tanto no consideran que estén dañando el entorno. (Friede, 2014)

### **3.2. Sustrato hortícola**

Para la horticultura, el término sustrato es aplicado a cualquier material sólido que sea distinto del suelo per se, que al ser colocado en un contenedor (maceta, semillero, etc.) ya sea en forma puro o mezclado, permita el anclaje de la raíz de la planta (Cadahia, 2005). Noguera (1997) menciona que un sustrato es un material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la misma.

#### **3.2.1. Funciones de un sustrato**

La función del sustrato de cultivo es reemplazar el suelo, de modo que el sistema de raíces de la planta esté fijo y completamente desarrollado. El suelo es un factor de producción muy importante en la agricultura, y es el soporte de los cultivos, que puede



proporcionar nutrientes, aire y agua para las plantas. Por lo tanto, es importante definir las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato en crecimiento (Alvarado & Solano, 2002).

### **3.2.2 *Características de un sustrato***

Alvarado et. al. (2002), afirman que, a diferencia del suelo, que es más o menos estable con el tiempo, los sustratos se comportan de manera diferente. Varios materiales y sus mezclas se utilizan para preparar sustratos. Las características finales de un sustrato no siempre son la suma de las características de sus partes, por lo tanto, lo importante sobre el sustrato no son sus componentes, sino las características y parámetros de los mismos.

### **3.2.3 *Sustratos con residuos orgánicos***

Para Jara Samaniego et. al. (2017), la alta producción de residuos sólidos es un problema mundial, con una generación estimada de 1.3 a 1.9 billones de toneladas por año, proyectando un aumento de a 2.5 mil millones de toneladas por año para el 2025, cifras preocupantes por todas las implicaciones ecológicas que implica el mal manejo que se les dé a estos residuos.

En el Ecuador la generación de residuos hasta 2012 fue de 1,13 kg por habitante por día. El tratamiento de residuos orgánicos en el Ecuador no es el óptimo, el 60% de desechos se descarta en vertederos, ríos arroyos, lo que favorece los problemas de contaminación de aguas subterráneas (Jara-Samaniego et al., 2017).

Varios investigadores desde hace 10 años vienen trabajando con materias primas renovables: aserrín, restos de poda, fibra de coco, etc., materiales que puedan sustituir a



la turba. Han logrado alcanzar un 10% de sustitución teniendo como meta alcanzar el 15% para el 2020 (Kingston et al., 2017).

Peláez Samaniego (2017), vio factibles enfoques para producir sustratos cuyo componente clave era el estiércol bovino, cuyas características se pueden aprovechar como fertilizantes, energía calórica, combustible, etc. Este material posee fibras que son resistentes a la digestión de los rumiantes.

Desde el punto de vista agrícola, los sustratos más utilizados según su origen son los sustratos de origen orgánico, que son aquellos en los que centra el presente trabajo.

Dentro de los sustratos de tipo orgánico como residuos orgánicos (frescos o compostados), que presentan características similares a la turba (Serna, 2016)

Por ejemplo, una de estas materias primas renovables es el aserrín de la madera, un material ligero que al igual que la turba aísla las raíces y es capaz de retener un gran porcentaje de nutrientes. Este tipo de cualidades se estudian para obtener un sustrato de calidad similar a la turba. Estas propiedades son poco conocidas y aprovechadas por los productores que desechan este material (Pineda, et. al, 2012).

De igual manera alrededor del mundo se vienen estudiando diferentes maneras de utilizar desechos orgánicos como medio de cultivo sin suelo. Extensas investigaciones respecto al uso de desechos orgánicos se han visto limitadas por las propiedades variables de estos residuos ya que no permiten elaborar una fórmula estandarizada para usarla como sustituto de la turba (Chilosi et al., 2017).

Pese a estas limitaciones algunos estudios han demostrado buenos resultados al sustituir la turba entre un 40 a 80%, pero en condiciones específicas de cultivo (Ceglie et al., 2015). Por otra parte, algunos de estos residuos han manifestado tener similitud con la turba, incluso la han superado, tal es el caso de la cascarilla de arroz, un subproducto de



la industria agrícola, que es comúnmente descartado. Todas las opciones que se pueden aplicar como componentes de un sustrato, tienen algún inconveniente, como son las sales minerales, la contaminación con malas hierbas, etc. (Currey et al., 2010).

Aunque se buscan alternativas, la turba se sigue extrayendo en todo el mundo, sobre todo para la producción de plantas, es una industria de alta demanda. Es un material que carece de nutrientes y tiene un pH constante lo que la hace perfecta para la horticultura, y complicada de reemplazar. Para que una producción sea considerada como orgánica, debe sustituir al menos el 30% de la utilización de turba con materiales orgánicos (Jaramaniego et al., 2017).

El Ecuador es un país consumidor de turba, anualmente se importan toneladas de este insumo para uso agrícola. Este material además de ser un recurso no renovable genera gastos al productor, lo que repercutе negativamente en los costos de producción de las hortalizas afectando indirectamente al consumidor final quien adquiere los productos a costos más elevados.

En primera instancia con la presente investigación se pretende incentivar el uso de recursos renovables porque hallar una alternativa es apremiante pues nuestro modelo de producción de alimentos exige turba, y mientras sea un negocio rentable para los productores el desarrollo de un sustrato que sustituya completamente a la turba todavía está lejos de ser realidad.

Además, se propone valorizar los residuos orgánicos que se originan en otras actividades y no se han de importar de ningún lugar, puesto que se originan en nuestro país. Entre los materiales alternativos a la turba que actualmente se están estudiando e incluso utilizando, destacan distintos tipos de compost, vermicompost y diferentes fibras vegetales residuales, etc.



### 3.3. Invernadero

Se debe mencionar que en la producción de plántulas es muy importante contar con los espacios adecuados en donde se puedan controlar las condiciones de luz, humedad, temperatura, plagas, enfermedades, etc., Por lo tanto, lo ideal es ubicar los semilleros bajo cubiertas de plástico o invernaderos, con el fin de obtener la mejor emergencia y su posterior trasplante al campo. (FAO,2011).

### 3.4. Cultivos hortícolas

Las hortalizas se definen como plantas herbáceas cultivadas con fines de autoconsumo como también para su comercialización en mercados internos y externos. Son una fuente muy rica de nutrientes, vitaminas y otros, los cuales aportan al cuerpo muchos beneficios al ser consumidas. (Silva, 2017)

### 3.5. El melón (*Cucumis melo L.*)

El melón es una planta herbácea de porte rastrero, de nombre científico *Cucumis melo L.*, perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, por su condición de producción la determina como hortaliza; sin embargo, por su consumo es considerada como una fruta.

#### 3.5.1. Clasificación taxonómica del melón

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Violales
<b>Familia</b>	Cucurbitaceae
<b>Género</b>	<i>Cucumis</i>
<b>Especie</b>	<i>Cucumis melo L</i>
<b>Nombre Común</b>	Melón

**Fuente:** (CONABIO, s/f)

### **3.5.2 Requerimientos edafoclimáticos**

El melón es una planta de clima cálido, que se adapta muy bien a ambientes que no tengan humedad e insolación excesivas pues estos factores afectan negativamente su desarrollo; aunque el melón requiere humedad continua en el suelo, la humedad ambiental debe ser reducida ya que altera la maduración y la calidad de los frutos.

Las temperaturas ideales para la incidencia de sus eventos fisiológicos oscilan de los 22 °C a 30 °C. con una humedad relativa que oscile entre 60 – 70 %.

Es una planta que exige muchos nutrientes y se desarrolla mejor en suelos franceses de alta fertilidad, buen drenaje y un pH que puede variar entre 6 y 7. (Polit Murillo, 2017)

### **3.5.3 Variedades**

#### **3.5.3.1. Híbrido Edisto 47**

La variedad Edisto 47 se caracteriza por ser de ciclo precoz, vigorosa, de buen desarrollo foliar y adaptación. Sus frutos de excelente tamaño (15 – 18 cm), peso (1,5 – 2,0 kg) y aroma, esféricos de corteza muy firme con su pulpa de color naranja y muy dulce. (AGROSAD, 2019).

### **3.6. Tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*)**

La forma primitiva de *S. lycopersicum* es la variedad botánica cerasiforme (o tomate cereza) la cual es originaria en Perú-Ecuador. Actualmente la producción de tomate tipo cherry se ha incrementado a nivel mundial, pues es una de las hortalizas más consumidas debido a los diversos tipos y formas que presenta para su consumo. Además de ser uno de los productos hortícolas de mayor valor económico. (Córdova-Noboa, & Ñustez, 2018)

### 3.6.1. Clasificación taxonómica del tomate cherry

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanáceas
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>Solanum lycopersicum</i>
<b>Nombre Común</b>	Tomate cherry

**Fuente:** (Altamirano, J., 2010)

### 3.6.2. Requerimientos edafoclimáticos

Una característica importante del tomate tipo cherry es su capacidad de aclimatarse adecuadamente en invernaderos fríos, pero la temperatura ideal para su desarrollo oscila entre los 20°C y 30°C durante el día y 10°C y 17°C durante la noche. Si las temperaturas superan estos rangos el desarrollo de frutos se ve afectado. Para garantizar la productividad de este cultivo la humedad relativa óptima se ubica entre el 60 y 80%. El exceso o déficit de humedad relativa favorece la presencia de enfermedades. (Lopez Marin, 2016)

En cuanto al suelo, el cultivo de tomate cherry no es muy exigente, exceptuando lo que respecta al drenaje. Crece y se desarrolla adecuadamente en pH entre 5,0 a 6,8 y tolera bastante bien la salinidad. (Lopez Marin, 2016).

### 3.6.3. Variedades

#### 3.6.3.1. Variedad Red Cherry

Esta variedad pertenece al tipo de maduros tempranos, con un rendimiento bastante alto, cada planta puede producir hasta 2kg de cereza. Su porte es indeterminado y los frutos se pueden recolectar después de los 100 días a partir de la siembra.

Un fruto de esta planta puede llegar a pesar hasta 35 g. y poseen un sabor dulce.



Esta variedad tolera fácilmente los saltos de temperatura.

### 3.7. Lechuga (*Lactuca sativa*)

La lechuga es una de las especies hortícolas más populares en el mundo. Es cultivada desde épocas muy antiguas. De la lechuga se han obtenido numerosas variedades (alrededor de 200), que permiten su cultivo a lo largo de todo el año. (Salinas Toapanta, 2013)

#### 3.7.1. Clasificación taxonómica

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Orden</b>	Sinandrales
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Género</b>	<i>Lactuca</i>
<b>Especie</b>	<i>Lactuca sativa</i>
<b>Nombre Común</b>	Lechuga

**Fuente:** (Salinas Toapanta, 2013)

#### 3.7.2. Requerimientos edafoclimáticos

La lechuga es un cultivo que se adapta bien a diversos tipos de suelos, aunque se desarrolla mejor en suelos frances que no retengan la humedad en exceso, posean un alto nivel de materia orgánica y un pH entre 6,8 y 7,4.

Algunas variedades toleran el calor mejor que otras, pero lo óptimo para su desarrollo es el clima fresco, ya que un exceso de temperatura puede provocar el indeseable fenómeno del espigado, el cual produce hojas amargas y el tallo se alarga rápidamente.

(Salinas Toapanta, 2013)



### 3.73. *Variedades*

#### 3.7.3.1. *Variedad Great lakes*

Great lakes es una variedad de adaptación amplia. De cabeza firme, posee hojas encrespadas de color verde intenso y anchas, de buen sabor. Se estima un peso promedio en estado fresco de 350 g. se desarrolla bien en suelos con buen contenido de materia orgánica y un pH comprendido entre 6,5 a 7,5. (Salinas Toapanta, 2013)

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1. Área de estudio

El presente proyecto fue realizado en los laboratorios e invernaderos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, a una altura de 2581 msnm. (2°55'14.61" S – 79°01'27.94" O), a una temperatura promedio de 16°C, este campus cuenta con los espacios y los equipos adecuados para la ejecución de la investigación.

### 4.2. Materiales y equipos

Biológicos	Físicos	De laboratorio
Compost vegetal	Bandejas de germinación	Vaso de precipitación
Cascarilla de arroz	Rótulos de identificación	Tamiz
Turba	Libreta de campo	
Semillas (Tomate cherry, melón, lechuga)	Calibrador	
Agua	Cinta métrica	
Fertilizantes	Regadera	
	Lapicero	
Equipos	Software	Otros
Balanza	Excel	Materiales Inertes:
pHmetro	ImageJ	Perlita
Conductímetro		Vermiculita
Estufa		
Escáner		
Laptop		



### **4.3. Metodología**

#### **4.3.1. Metodología del primer objetivo específico (Formulación de sustratos)**

Los sustratos con los que se realizó este estudio se elaboraron utilizando como sustitutos parciales de la turba materiales disponibles comercialmente: Biocompost® (India, Ecuador) de origen vegetal y animal, y cascarilla de arroz, que fueron adquiridos en una casa comercial, ya que su costo de adquisición es bajo y en el Biocompost tiene una fórmula estándar.

##### **4.3.1.1. Biocompost India®**

Biocompost India® que fue utilizado en el presente estudio, es un abono compostado obtenido de la mineralización de diferentes residuos vegetales y animales, el cual está libre de patógenos y aporta alta cantidad de microorganismos benéficos. Su fórmula contiene micro y macro elementos y un 41,3% de materia orgánica y un pH de 6,5 - 7. (MegaAgro, 2019)

##### **4.3.1.2. Turba BM2 Berger®**

La turba utilizada para esta investigación es de la marca canadiense Berger, la cual se comercializa para la producción de hortalizas en bandejas de semilleros. Este sustrato está compuesto de turba, perlita y vermiculita cuya granulometría está ajustada con un pH de 5.2 - 6.0. y conductividad eléctrica 0.7 - 1.1. (BergerProducts, s.f.)

##### **4.3.1.3. Cascarilla de Arroz**



Se utilizó cascarilla de arroz. Este material mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Tiene un pH de 6,2 y una conductividad eléctrica de 5,5.

El diseño de las formulaciones se enfocó en optimizar las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención de agua, densidad aparente, estructura) y químicas (pH, C.E.), etc., de las mezclas preparadas con los diferentes componentes. Este método considera todos los factores que influyen en las propiedades finales de una mezcla de componentes que deben sumar una constante. En el caso de un sustrato para la germinación de semillas, la suma de las proporciones de cada componente alcanza el 100%. En el diseño de la mezcla de este experimento, el factor independiente es la proporción de los componentes utilizados en la preparación de las mezclas. (Ceglie et al., 2015).

Todos los sustratos fueron fertilizados con una solución de N, P, K con la siguiente concentración:

**Tabla 1**

*Concentración de elementos de la solución nutritiva aplicada a los sustratos una vez por semana.*

Elemento	Concentración (ppm)
Nitrógeno	56
Fósforo	56
Potasio	56

**Tabla 2**

*Proporciones (%) por volumen) de cada componente para el diseño de los sustratos a ser evaluados.*

Tratamiento	Turba (%)	Cascarilla (%)	Compost vegetal (%)	Perlite y vermiculita (%)
1	25	50	25	-
2	25	35	40	-
3	25	40	35	-
4	25	25	50	-
Control	70-80	-	-	20-30

*Nota: El sustrato control es una mezcla comercial a base de turba importada, típicamente usada como componente principal de los sustratos en semilleros de hortalizas.*

#### **4.3.1.4. Material vegetal y siembra**

El experimento se llevó a cabo en un invernadero cubierto de polietileno. Tres especies vegetales: Tomate (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), melón (*Cucumis melo*) y lechuga (*Lactuca sativa*), fueron seleccionadas para ser cultivadas en bandejas de germinación de plástico de volúmenes adecuados para cada una de estas especies.

Las bandejas utilizadas para la lechuga fueron de 200 alvéolos (10 x 20) con un tamaño de 22 x 22 mm y una profundidad de 50 mm cada uno. Para el caso del tomate y el melón se usaron bandejas de 98 alvéolos, con un tamaño de 35 x 35 mm y una profundidad de 50 mm por alvéolo. Las semillas para el presente proyecto fueron adquiridas en una casa comercial una vez revisados sus respectivos certificados de pureza y germinación.

Para la siembra se siguieron los protocolos de siembra de hortalizas bajo invernadero. Estos protocolos incluyen la desinfección de las bandejas con agua e hipoclorito de



sodio, con el fin de evitar posibles infecciones por hongos o cualquier microorganismo, posteriormente para el llenado de bandejas se colocó de manera uniforme el sustrato para que la humedad sea la misma en todos los alvéolos. Para la ubicación de las semillas se debe hacer un orificio de 0.5 cm de diámetro y 2 a 3 mm de profundidad, finalmente después de colocar la semilla se cubrió la misma con una fina capa de sustrato. (FAO,2011).

#### ***4.3.1.5. Diseño experimental***

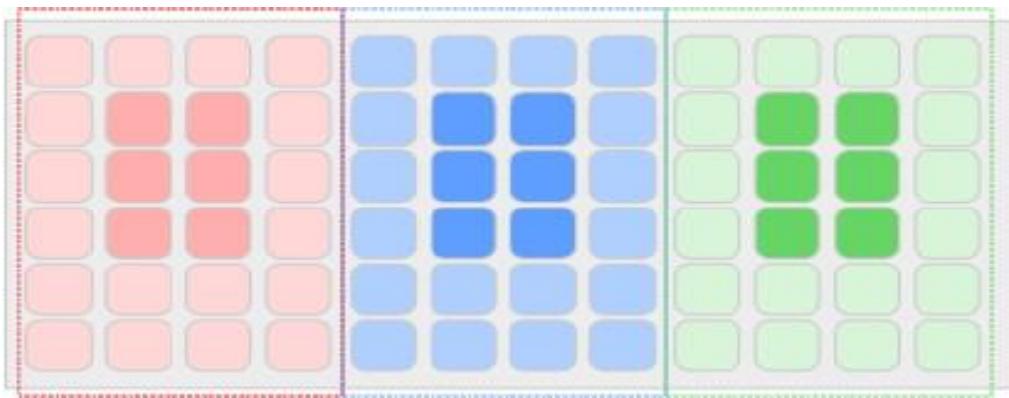
En el proyecto se ejecutaron tres experimentos independientes correspondientes a cada una de las especies seleccionadas (i.e. tomate, lechuga y melón). Cada experimento fue conducido usando un diseño completamente al azar; es decir, los tratamientos de este experimento se establecieron de forma completamente aleatoria con cinco repeticiones por tratamiento. Las bandejas fueron irrigadas una y hasta dos veces al día según las condiciones ambientales con una regadera para evitar el estrés hídrico.

#### ***4.3.1.6. Unidad Experimental***

Cada experimento consistió de 4 combinaciones de 2 componentes orgánicos como sustitutos parciales de la turba, cada combinación (tratamiento) contó con 5 repeticiones. El tamaño de cada unidad experimental fue de 40 plántulas en el caso de la lechuga y 28 para el tomate cherry y melón, las cuales estaban distribuidas en 4 filas de celdas de las bandejas de germinación. La unidad de muestreo fueron 10 plántulas ubicadas en el centro de la unidad experimental dejando el resto de plántulas como borde en cada uno de los 4 lados de la unidad experimental. Las plantas de la unidad de muestreo fueron consideradas sub réplicas en el experimento.

**Figura 1**

*Esquema resumido de la organización de la unidad experimental y de la unidad de muestreo.*



*Nota: Cada cuadro representa una celda de una bandeja de polietileno de semilleros (rectángulo gris). Sólo se representan 3 tratamientos (colores) como ejemplo ilustrativo. Las unidades experimentales de los demás tratamientos y repeticiones tendrán la misma organización. Los tratamientos serán distribuidos de forma aleatoria en cada unidad experimental.*

#### **4.4. Caracterización química, física y biológica de los sustratos alternativos**

##### **preparados con mezclas de turba, cascarilla de arroz y compost vegetal**

En los sustratos, pH, C.E. y densidad aparente se determinaron de acuerdo con las normas estándar. Para el pH se recogieron muestras tamizadas de 20 g de sustrato de cada tratamiento, se colocó cada muestra en un vaso de precipitación junto con 50 ml de agua destilada y se procedió a agitar por 20 minutos. Finalmente, esta muestra se coloca en un filtro y el agua precipitada se recoge en otro vaso para ser analizada con el medidor de pH. Para determinar la C.E. se repite el procedimiento realizado para la obtención del pH, diferenciando el proceso en la cantidad de sustrato utilizado, pues se utilizó 10 g por tratamiento y un conductímetro.



Para determinar la densidad aparente se tomaron 2 muestras de cada sustrato en cilindros de volumen conocido, estas muestras fueron secadas por 24 horas a 105 °C.

Una vez secas las muestras se pesaron y se aplicó la fórmula para calcular densidad aparente:

$$\mathbf{DA} = \text{Peso seco} / \text{Volumen Cilindro}$$

Para calcular el contenido de humedad de los sustratos fue utilizado el método gravimétrico, el cual es el único método directo de medición de la humedad del suelo.

Este método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de secarla y calcular su contenido de humedad.

Para calcular el pF0 las muestras fueron saturadas en agua destilada durante 7 días, para este proceso se colocó una tela y una liga en la parte biselada del cilindro, esto para evitar pérdidas de material durante la saturación. Después de los 7 días se procedió a pesar las muestras.

Posteriormente para obtener el pF 2,52, las muestras se colocaron en las ollas de presión de Richards, en estos instrumentos se lleva la muestra a un potencial hídrico específico mediante la aplicación de presión a la muestra y permitiendo que el exceso de agua fluya hacia fuera a través de un plato de cerámica poroso. Cuando la muestra llega al equilibrio, su potencial hídrico será equivalente a la presión aplicada. (0,33 bares).

Para el pF 4,2 (15 bares) fueron utilizados anillos de 16,6 cm<sup>3</sup>, y se repitió el procedimiento anterior. Este proceso duró 48 horas.

Una vez realizado este procedimiento se secaron las muestras a 105 °C durante 24 horas y finalmente pesar las muestras, con todos los datos se obtiene la curva de retención de humedad de cada tratamiento.



**4.4.1. Metodología del segundo objetivo específico (Comparar las características de las plántulas producidas en los sustratos de semillero alternativos respecto a las plántulas producidas en sustrato comercial a base de turba).**

Se evaluó el porcentaje de germinación a los 7 días (lechuga), 14 días (tomate cherry) y 21 días (melón), mediante observación directa.

Cuando las plántulas alcanzaron el tamaño de trasplante comercial, a los 40 días en el caso de la lechuga y 60 días para el tomate cherry y melón, se cosecharon las plántulas de cada unidad de muestreo. Se midió la longitud de los tallos desde el cuello de la raíz hasta la punta del brote. Posteriormente se contó el número de hojas verdaderas presente en cada plántula de las 3 especies evaluadas. También se midió el diámetro del tallo debajo de los cotiledones con un calibrador.

Finalmente, las plantas fueron separadas en sus partes aéreas y radiculares. Para medir el área foliar se utilizaron 4 plantas de cada tratamiento de las 3 especies, fueron colocadas en un escáner y se obtuvo una imagen, esta imagen fue analizada con el software de libre acceso ImageJ, en el cual se relaciona los pixeles del área foliar y se los convierte en  $\text{cm}^2$ , con estos datos se obtuvo el área foliar total de cada planta y así calcular un promedio de cada tratamiento. Para medir la acumulación de biomasa tanto foliar como radicular las muestras de las 3 especies fueron secadas en una estufa a  $80^\circ\text{C}$  por 72 horas.

Las comparaciones estadísticas se realizaron usando inicialmente análisis de varianza (anova), y en los casos en que se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el anova, las diferencias entre cada tratamiento y el control fueron sometidas a prueba usando la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher.

**5.****Resultados y Discusión****5.1. Caracterización química, física y biológica de los sustratos****5.1.1. pH**

El pH del suelo es una de las muchas condiciones ambientales que afectan la calidad del crecimiento de la planta. El pH ideal varía dependiendo de la planta. Las especies utilizadas en esta investigación crecen muy bien en suelos ligeramente ácidos (pH 6,5 a 7,0). Los suelos con valores de pH menor o mayor a estos rangos pueden resultar en crecimientos menos vigorosos y en deficiencias de nutrientes. El pH obtenido de cada sustrato se encuentra entre 6,5 a 7,0 (Tabla 3), rango en el que generalmente se obtienen los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables (Clemson University., 2021).

**5.1.2. Conductividad eléctrica**

El valor de conductividad eléctrica que presenta el suelo, influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes de la solución de fertilizantes aportada. Por tanto, si se encuentra por encima del valor óptimo para el cultivo, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes. (Fernandez Rodriguez, 2021)

Los tratamientos 1, 3, 4 presentaron valores de conductividad eléctrica altos (Tabla 3), pero los cultivos no fueron afectados, pues estos valores están dentro de los rangos “aceptables” de pérdidas en el rendimiento por salinidad en los cultivos estudiados. Para el caso del tratamiento 2 se obtuvo un valor de 4,55 (muy alto) lo que derivaría en pérdidas del 25% de rendimiento en los cultivos, no obstante, no se observó afectaciones en las plántulas durante el experimento. (Rebolledo, 2017)

El control (Turba) obtuvo el valor más bajo pues al ser un sustrato no alterado la conductividad observada es típica en esta clase de material.

**5.1.3. Densidad aparente**

Una buena estructura física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces vegetales, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de las plantas. (Rojas, 2012). La densidad aparente obtenida de los análisis (Tabla 3) muestra valores típicos de un sustrato elaborado con materiales turbosos.

**Tabla 3**

*Resultados de los análisis de pH, C.E. y densidad aparente aplicados a los sustratos evaluados*

Tratamiento	pH	C.E. (mS/cm)	Densidad Aparente (g/m <sup>3</sup> )
Tratamiento 1	6,23	2,79	0,176
Tratamiento 2	6,47	4,55	0,240
Tratamiento 3	6,67	2,78	0,156
Tratamiento 4	6,36	2,82	0,180
Control	6,3	0,68	0,113

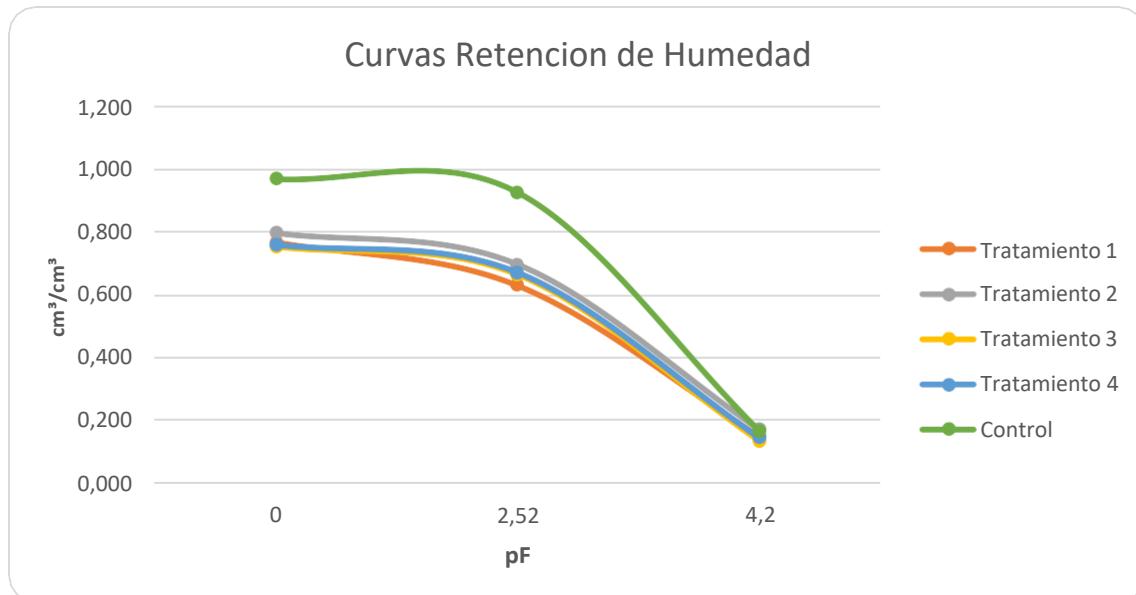
#### 5.1.4. Curvas de Retención de humedad

Las curvas de retención de humedad (CRH) en el suelo expresan la relación existente entre el contenido de humedad y el grado de retención del agua debido a la acción integrada de las fuerzas de adsorción y capilaridad (potencial matricial). Esta relación depende de los factores relacionados con la porosidad del suelo. ( (Bejar Pulido J., 2020). Esta correspondencia proporciona información sobre características importantes como la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo, la capacidad de campo y el punto de marchitamiento. (Pérez Cutillas, 2015).

Como se puede observar en la Figura 2, el tratamiento control registra niveles más altos de retención de humedad, característica típica de los horizontes turbosos, mientras que los demás tratamientos registraron valores menores al control y similares entre ellos.

**Figura 2**

*Curvas de retención de humedad de los 4 sustratos evaluados y el tratamiento control*



## 5.2. Características de las plántulas producidas en los sustratos de semillero alternativos respecto a las plántulas producidas en sustrato comercial a base de turba

### 5.2.1. Melón (*Cucumis melo L.*)

#### 5.2.1.1. Porcentaje de germinación

En esta especie se observó que no hubo una germinación homogénea en todos los tratamientos. Un desequilibrio en los factores climáticos podría haber afectado la germinación al tratarse de una especie típicamente cultivada en climas cálidos. La temperatura, que es un factor decisivo en el proceso de germinación, posiblemente pudo influir sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. (Reche Márquez, 2008). Además de esto la cascarilla de arroz podría poner cierta resistencia física en el proceso germinativo de la semilla como se puede observar en la Figura 3.

Estadísticamente no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que todos los sustratos evaluados fueron equivalentes, indicando que la reducción del

contenido de turba en los sustratos alternativos no afectó la germinación de las semillas de melón.

### **Figura 3**

*Resistencia mecánica probablemente causada por la cascarilla de arroz en melón*



#### **5.2.1.2. Características de crecimiento**

Las plántulas de melón cultivadas en los cuatro sustratos alternativos tuvieron un similar diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, biomasa foliar y biomasa radicular que las plántulas del tratamiento control (Tabla 4). No obstante, la altura del tallo de las plantas fue mayor en todos los sustratos alternativos en comparación con el control.

Estas respuestas pueden deberse a que la mezcla con compost podría representar un aporte de nutrientes progresiva liberación lenta que favorezca el desarrollo en altura de las plántulas. Por otra parte, la morfología del sistema radical de un cultivo está definida por la genética, mientras que las condiciones físicas del suelo modifican la distribución espacial de las mismas. El crecimiento de las raíces en el sustrato está influenciado por la densidad aparente, porosidad, aireación, agua, temperatura, materia orgánica, etc. (Barrios & colaboradores, 2014)

**Tabla 4**

*Altura y diámetro del tallo, área foliar y acumulación de biomasa en plántulas de melón germinadas en sustratos alternativos.*

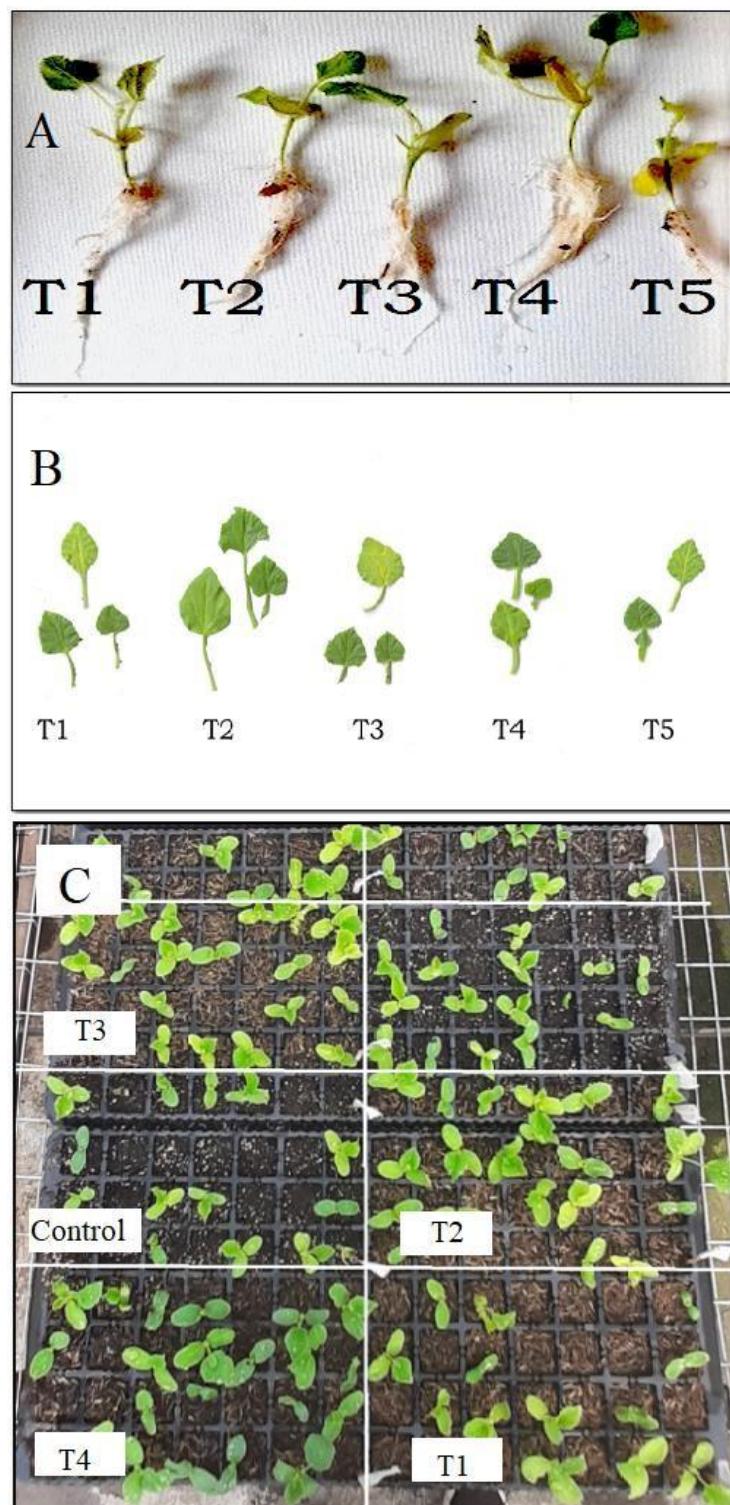
Tratamiento	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Número de hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Biomasa aérea (g)	Biomasa radicular (g)
Tratamiento 1	19,67 ±0,41*	1,93 ±0,05	2,24 ±0,14	3,30 ±0,44	17,86 ±3,05	2,65 ±0,64
Tratamiento 2	18,42 ±0,41*	1,97 ±0,05	2,36 ±0,14	4,26 ±0,44	18,14 ±3,05	3,67 ±0,64
Tratamiento 3	19,63 ±0,41*	2,06 ±0,05	2,51 ±0,14	3,56 ±0,44	21,55 ±3,05	4,66 ±0,64
Tratamiento 4	21,34 ±0,41*	2,06 ±0,05	2,68 ±0,14	3,65 ±0,44	18,84 ±3,05	5,56 ±0,64
Control	17,00 ±0,41	1,95 ±0,05	2,50 ±0,14	3,83 ±0,44	19,56 ±3,05	4,38 ±0,64

*Los valores presentados son me60*

*± error estándar. Asteriscos (\*) indican diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento y el control de acuerdo a la prueba de DMS de Fisher protegida.*

**Figura 4**

*Fotografías representativas del aspecto general (A y C) y el área foliar (B) de plántulas de melón germinadas y desarrolladas en sustratos alternativos a la turba.*



En conjunto, los resultados obtenidos en el experimento con melón indican que la sustitución de hasta el 75 % de turba con mezclas de compost y tamo de arroz no



genera impactos negativos en el desarrollo de las plántulas y que incluso favorece el desarrollo en altura de las mismas. Este resultado podría representar un beneficio tanto económico como ecológico al reducir el requerimiento de turba en el desarrollo de plántulas.

### **5.2.2. Lechuga (*Lactuca sativa*)**

#### **5.2.2.1. Porcentaje de germinación**

Mediante los resultados obtenidos en la evaluación del porcentaje de emergencia se dedujo que, en esta especie, el tratamiento 4 cuya reducción de turba fue del 75% tuvo mejores resultados que el tratamiento control en cuanto a emergencia de la semilla.

Mientras que los demás tratamientos reportaron resultados similares al control.

#### **5.2.2.2. Características de crecimiento**

En la Tabla 5 se muestran los resultados que produjeron las plántulas en el período analizado, observándose diferencias significativas provocadas por los tratamientos en estudio. La altura del tallo en las plántulas de lechuga desarrolladas en sustratos alternativos fue de menor tamaño respecto al control. Es importante para las plántulas de lechuga alcanzar un buen desarrollo en el tallo, pues es un indicador del estado vigoroso de una plántula ya que muestra la fortaleza y resistencia que puede tener al ser trasplantada. Tallos alargados y delgados se presentaron en el tratamiento control, contrariamente a lo que se dio en los demás tratamientos. La altura, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar están estrechamente correlacionadas con la biomasa foliar y biomasa radicular, siendo el tratamiento 4 el que mostró mejores resultados respecto al control en todas las variables analizadas, los demás tratamientos obtuvieron resultados similares. (Ortega Martínez et. Al., 2010).

**Tabla 5**

*Altura y diámetro del tallo, área foliar y acumulación de biomasa en plántulas de lechuga germinadas en sustratos alternativos.*

Tratamiento	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Número de hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Biomasa aérea (g)	Biomasa radicular (g)
Tratamiento 1	7,46 ±0,35*	1,8 ±0,01	3,76 ±0,18	4,53 ±0,5	22,95 ±2,44	15,46 ±1,68
Tratamiento 2	7,50 ±0,35*	2,1 ±0,01*	3,62 ±0,18	5,27 ±0,5	24,49 ±2,44	16,30 ±1,68
Tratamiento 3	7,08 ±0,35*	2,1 ±0,01*	4,08 ±0,18	7,45 ±0,5*	28,91 ±2,44	16,17 ±1,68
Tratamiento 4	6,86 ±0,35*	2,3 ±0,01*	4,60 ±0,18*	8,64 ±0,5*	38,37 ±2,44*	22,17 ±1,68*
Control	17,00 ±0,35	1,6 ±0,01	3,76 ±0,18	3,70 ±0,5	17,03 ±2,44	11,99 ±1,68

*Los valores presentados son medias ± error estándar. Asteriscos (\*) indican diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento y el control de acuerdo a la prueba de DMS de Fisher protegida.*

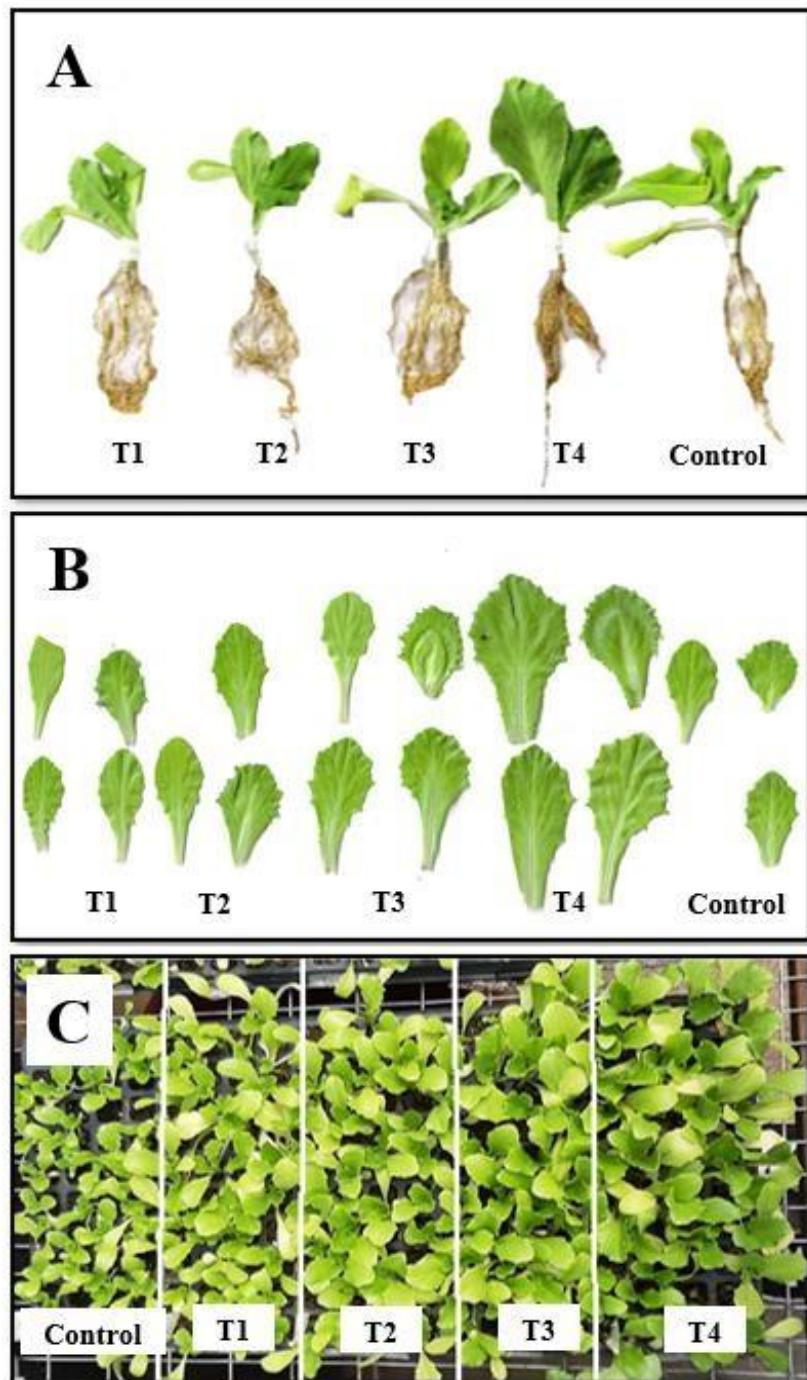
Como se puede observar en la figura 5C, las plántulas del tratamiento 4 poseen un color verde intenso propio de plántulas bien nutridas, a diferencia del tratamiento control (turba), donde se pueden ver plántulas más pequeñas y con ligero tono amarillento probablemente causado por la falta de nitrógeno, que es un nutriente fundamental, en tanto que resulta determinante en la calidad del producto final. La turba necesita ser provista de nutrientes de manera regular para mantener a las plántulas.

(Jaramillo, 2016)

El reemplazo de turba en un 75% mediante el uso de compost vegetal en un 50% y cascarilla de arroz 25%, puede dar resultados similares y hasta mejores sin la aplicación de fertilización suplementaria, lo que implicaría un ahorro en los costos y una producción más limpia.

**Figura 5**

*Fotografías representativas del aspecto general (A y C) y el área foliar (B) de plántulas de lechuga germinadas y desarrolladas en sustratos alternativos a la turba.*



### 5.2.3. Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*)

#### 5.2.3.1. Porcentaje de germinación

En general los 5 tratamientos aplicados mostraron resultados similares en cuanto a la germinación de semillas de tomate cherry, estadísticamente no hubo diferencias entre ninguno de los tratamientos y el control.

#### 5.2.3.2. Características de crecimiento

Además de la expresión genética determinada, el desarrollo de una plántula está condicionado fundamentalmente por cuatro factores: temperatura, humedad, aireación y resistencia mecánica del suelo. La mayoría de variables evaluadas dieron resultados iguales a las del tratamiento control (Tabla 6). La excepción fueron los tratamientos 2 y 3 cuyas plantas fueron significativamente más altas que las del tratamiento control. Estos resultados están estrechamente relacionados con las características fisicoquímicas del sustrato. El tomate cherry se adapta bien a una gran variedad de sustratos siempre y cuando tenga la humedad y temperatura adecuadas. (Ortega Martínez et. Al., 2010).

**Tabla 6**

*Altura y diámetro del tallo, área foliar y acumulación de biomasa en plántulas de tomate cherry germinadas en sustratos alternativos.*

Tratamiento	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Número de hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Biomasa aérea (g)	Biomasa radicular (g)
Tratamiento 1	23,58 ±1,32	1,36 ±0,01	2,88 ±0,19	2,22 ±0,42	10,08 ±2,36	7,80 ±1,86
Tratamiento 2	29,98 ±1,32*	1,90 ±0,01	3,24 ±0,19	3,68 ±0,42	17,09 ±2,36	14,28 ±1,86
Tratamiento 3	27,97 ±1,32*	1,82 ±0,01	3,36 ±0,19	3,34 ±0,42	16,40 ±2,36	9,21 ±1,86
Tratamiento 4	22,18 ±1,32	1,42 ±0,01	2,78 ±0,19	3,10 ±0,42	14,31 ±2,36	10,62 ±1,86
Control	24,55 ±1,32	1,56 ±0,01	2,98 ±0,19	3,05 ±0,42	15,72 ±2,36	9,40 ±1,86



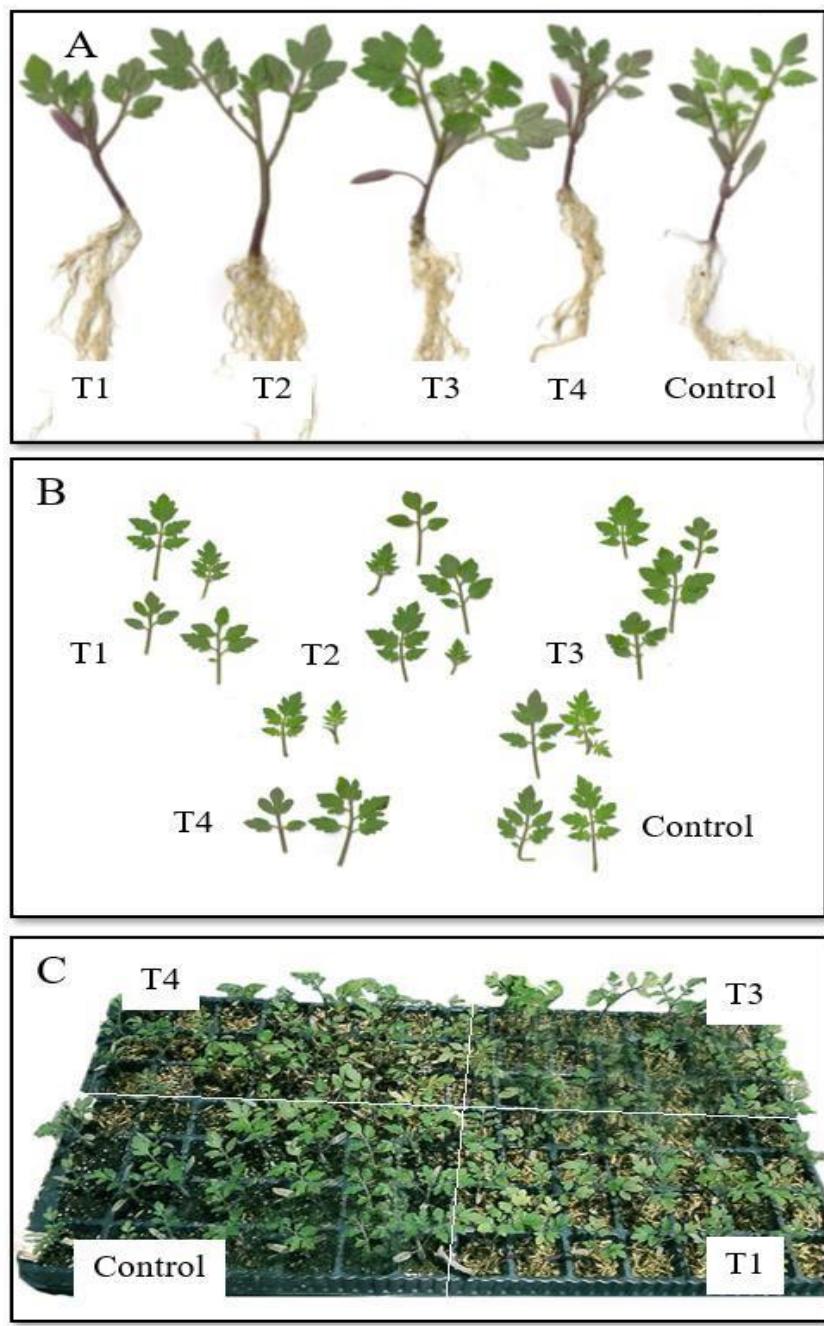
*Los valores presentados son medias  $\pm$  error estándar. Asteriscos (\*) indican diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento y el control de acuerdo a la prueba de DMS de Fisher protegida.*

Respecto a la dinámica de crecimiento del tomate cherry, la información de las variables de estudio obtenidas se puede decir que dichos sustratos poseen nutrientes suficientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Ortega Martínez (2010) menciona que utilizar compost de origen vegetal como sustrato solo o en mezcla es favorable, debido a que tiene la capacidad de activar los procesos microbiológicos, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad, también actúa como regulador de la temperatura.

Como se puede observar en la Figura 6, no hubo diferencias visuales perceptibles entre los tratamientos y el control.

**Figura 6**

*Fotografías representativas del aspecto general (A y C) y el área foliar (B) de plántulas de tomate cherry germinadas y desarrolladas en sustratos alternativos a la turba.*





En general, los sustratos evaluados muestran que tienen propiedades similares a la comúnmente utilizada turba, pero su producción genera menor impacto ambiental y están sujetos a disponibilidad garantizada debido a las opciones de cultivo locales en Ecuador. Masaguer et al. (2015), han ensayado diferentes sustratos orgánicos elaborados con algunos subproductos forestales, agrícolas y urbanos. En sus investigaciones realizaron caracterizaciones de materiales y mezclas sencillas de turbas y corrigiendo alguna propiedad puntual como el pH, la conductividad eléctrica, la densidad aparente, etc., logrando resultados similares al sustrato control con un reemplazo del 50% de la turba. Por otra parte, Lill (2019), menciona que los sustratos elaborados con una mezcla de turba y componentes orgánicos definitivamente pueden reducir el uso de la turba como compuesto principal de sustratos hortícolas y ayudar a producir plantas de alta calidad. Stucki & Eymann (2013), dieron a conocer los resultados del proyecto TeiGa, en el que comparan el crecimiento de varias plantas ornamentales, vegetales, de vivero y de árboles en sustratos de turba reducida en mezcla con componentes orgánicos, solo sustratos orgánicos, y únicamente turba clásica. Además, se realizó un análisis del ciclo de vida de la turba y otras materias primas del sustrato, pero con diferentes parámetros como la contribución al efecto invernadero, la escasez de recursos, la salud humana y el efecto en ecosistema donde se encontró que los componentes alternativos (compost, cascarilla de arroz, biochart, aserrín, fibra de coco, etc.) y obtuvieron puntos con un impacto comparativamente muy bajo en la calidad del ecosistema, la salud humana y el efecto invernadero en relación al uso de la turba clásica.

Si bien es cierto que el reemplazo total del uso de la turba está lejos de ser una realidad, los resultados de este trabajo de graduación muestran que fue viable reducir parcialmente su consumo al usar alternativas ecológicas y de fácil disponibilidad local.

## 6. Conclusiones Y Recomendaciones

Finalizado el proyecto de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Para la elaboración de los sustratos de los tratamientos T1, T2, T3, T4, fueron utilizados 0,978kg de turba para cada uno (Anexo 1), mientras que el tratamiento que contenía únicamente turba se utilizó 4,89 kg. Una diferencia notable a simple vista como se puede observar en la Figura 7. Con los resultados obtenidos se puede afirmar con una reducción en el uso de la turba y la adición de alternativas orgánicas se puede llegar a los mismos resultados que con la utilización de turba como único componente.

### Figura 7

*Imagen referencial para resaltar la diferencia en la cantidad de turba requerida para la preparación de cada uno de los tratamientos y el control. En la parte izquierda de la figura se puede observar la cantidad de turba utilizada para cada uno de los tratamientos. A la derecha la cantidad utilizada para el tratamiento control.*



Sumado a un buen sustrato, las condiciones climáticas son claves en el buen desarrollo de las plántulas. El uso de un ambiente protegido (invernadero) en buenas condiciones es primordial, ya que las temperaturas bajas interrumpen el desarrollo normal de una planta. Además, las plántulas se ven influenciadas por el espacio disponible en el semillero, el cual debe ser amplio para un buen desarrollo radicular.

El tratamiento 4, compuesto principalmente por compost vegetal, no requirió de la aplicación constante de suplementos nutricionales pues el compost libera estos compuestos gradualmente proveyendo permanentemente a las plántulas de los nutrientes requeridos durante su desarrollo, a diferencia de la turba que al no tener una carga natural de nutrientes sin estar regularmente dotada de un suministro de



fertilizantes puede producir retraso en el crecimiento y síntomas de deficiencia de nutrientes.

Como recomendación, a futuro se podrían efectuar ensayos de obtención de plántulas de hortalizas con la utilización de sustratos con otras materias primas orgánicas, que permitan incrementar el desarrollo inicial de las nuevas plántulas, así como experimentar con diferentes combinaciones entre ellos, con el fin de dotar de nuevas alternativas económicas y sustentables al productor de hortalizas del Ecuador.

## Bibliografía

- AGROSAD. (2019). Guía del cultivo de melón. Obtenido de  
<https://www.agrosad.com.ec/images/guiascultivo/GUIA%20DE%20CULTIVO%20MELON.pdf>
- Alexeeva, M. (2009). Fate of peat utilization. Master's degree program in Bioenergy technology: Lappeenranta University of Technology-Faculty of Environmental Technology- Bioenergy
- Altmann, M. (2008). Socio-economic Impact of the Peat and Growing Media Industry on Horticulture in the EU. Report to the European Peat and Growing Media Association (EPAGMA).
- Alvarado, M., & Solano, J. (2002). Medios o sustratos en la producción de viveros y plantas.
- Barrientos Llanos, H., Del Castillo Gutiérrez, C. R., & García Cárdenas, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. La Paz, Bolivia.
- Barrios, M., & colaboradores. (2014). Relación biomasa de raíz/biomasa total de soja (*glycine máx.*) en dos sistemas de labranza. Buenos Aires, Argentina.
- Barthod, J., Rumpel, C., & Dignac, M. F. (2018). Composting with additives to improve organic amendments. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0491-9>
- Béjar Pulido J., C. S. (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un andosol bajo distintos usos de suelo. México, México.
- BergerProducts. (s.f.). BergerProducts. Obtenido de Turba BM2:  
<https://www.berger.ca/es/productos/bm2-germination-de-semillas-de-hortalizas-hp/>
- Cadahia, C. (2005). Fertiirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Madrid-Barcelona-México: Ediciones Mundi-Prensa
- Carranza, C., Lanchero, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) "Batavia" cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia. Recuperado el 21 de Julio de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314730006.pdf>
- Ceglie, F. G., Bustamante, M. A., Amara, M. Ben, & Tittarelli, F. (2015). The challenge of peat substitution in organic seedling production: Optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. *PLoS ONE*, 10(6), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128600>
- Chilosi, G., Aleandri, M. P., Bruni, N., Tomassini, A., Torresi, V., Muganu, M., Paolocci, M., Vettraino, A., & Vannini, A. (2017). Assessment of suitability and

suppressiveness of on-farm green compost as a substitute of peat in the production of lavender plants. *Biocontrol Science and Technology*, 27(4), 539–555. <https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1320353>

Clemson University. (2021). Cambiando el pH del Suelo. Barre Hall Clemson.

Córdova-Noboa, H. A., & Ñustez, C. E. (2018). Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. Bogotá (Colombia): Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia.

Crockett, A. (2015). Characterization of peat soil hydraulic conductivity and its dependence on vegetation type in mountain wetlands. 59. <http://hdl.handle.net/10217/167185>

Cruz Crespo, E., Sandoval Villa, M., Volke Haller, V., Ordaz Chaparro, V., Tirado Torres, J. L., & Sánchez Escudero, J. (2009). Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Montecillo, Estado de México, México.

Currey, C. J., Camberato, D. M., Torres, A. P., & Lopez, R. G. (2010). Plant growth retardant drench efficacy is not affected by substrate containing parboiled rice hulls.

De Grazia, J., Tittonell, P. A., & Chiesa, Á. (2007). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 195–204. <https://doi.org/10.4067/s0718-16202007000300003>

Domínguez, E., Ivelic, J., Mc Leod, C., Ojeda, A., & Águila, K. (2017). Cómo utilizar la turba rubia de Sphagnum en horticultura. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Kampenaike.

FAO. (2011). 4. Manejo del cultivo. Fao, 56.

<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1374s/a1374s03.pdf>

FAO. (s.f.). Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques. Obtenido de fao.org

Fernández Rodríguez, M. (2021). Qué es la conductividad eléctrica y su importancia en los cultivos. Almería, España: Maher Electronics.

Friede, B. (2014). Torf in Pflanzsubstraten (Peat in horticultural substrates). May

*HortTechnology*, 20(5), 863–866. <https://doi.org/10.21273/horttech.20.5.863>

Hunter, M., Smith, R., Schipanski, M., Atwood, L., & Mortensen, D. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. IPS 2019a. IPS Convention Economy meets Environment & Society: Future Use of Peat and Substitutes in Horticulture, Bremen, Germany, 13.-15.5.2019. Obtenido de <https://www.ips2019.com/>

- Jaramillo, J. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente Antioqueño*. Medellín, Colombia.
- Jara-Samaniego, J., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., Pérez-Espinosa, A., Paredes, C., López, M., López-Lluch, D. B., Gavilanes-Terán, I., & Moral, R. (2017). Composting as sustainable strategy for municipal solid waste management in the Chimborazo Region, Ecuador: Suitability of the obtained composts for seedling production. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1349–1358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.178>
- Kingston, P. H., Scagel, C. F., & Bryla, D. R. (2017). Suitability of sphagnum moss, coir, and douglas fir bark as soilless substrates for container production of highbush blueberry. *HortScience*, 52(12), 1692–1699. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12374-17>
- Lill, A. (2019) Sustratos hortícolas. Argentina
- Lopez Marin, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate. Panama: IICA.
- Masaguer, M. C. (2015). Sustratos de cultivo: nueva alternativa eco-compatible. 169. (Phytohemeroteca, Ed.) Madrid, España.
- MegaAgro. (2019). MegaAgro. Obtenido de India Biocompost: <https://megagro.com.ec/product/bio-compost/>
- Ministerio de Ciencia e Innovación. (2020). Ministerio de Ciencia e Innovación Gobierno de España. Obtenido de Nomenclatura Internacional de la UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología: <https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.8ce192e94ba842bea3bc811001432ea0/?vgnextoid=363ac9487fb02210VgnVCM1000001d04140aRCRD>
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., & Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). (v. 6.-d.-3. Ra Ximhai, Ed.) El Fuerte, Mexico.
- Pérez Cutillas, P. B. (2015). *ESTIMACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO A NIVELES DE CAPACIDAD DE CAMPO Y PUNTO DE MARCHITEZ MEDIANTE MODELOS PREDICTIVOS A ESCALA REGIONAL*. Murcia, España.
- Pineda, J., Sánchez del Castillo, F., Ramírez, A., Castillo, A. M., Valdés, L. A., & Moreno, E. d. (2012). Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Chapingo Estado de México.: Revista Chapingo. Serie horticultura. versión On-line ISSN 2007-4034versión impresa ISSN 1027-152X
- Polit Murillo, R. A. (2017). Efecto del uso de sustratos y aplicación de enraizadores en el desarrollo de plántulas de melón (*Cucumis melo*). Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Rebolledo, S. (2017). *CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y SALINIDAD*. Chile.

- Rojas, J. (2012). Densidad Aparente: Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. Provincia de Chaco, Argentina.
- Salinas Toapanta, C. D. (2013). "INTRODUCCIÓN DE CINCO VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) EN EL BARRIO SANTA FE DE LA PARROQUIAATAHUALPA EN EL CANTÓN AMBATO". Ambato-Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Serna, G. (2016). "Desarrollo Y Validación De Sustratos Para Semilleros De Hortícolas." 6 abril, 104. <http://comunicacion.umh.es/2016/04/06/un-estudio-de-la-umh-alerta-sobre-el-uso-por-parte-de-los-ninos-de-deportivas-con-ruedines/>
- Silva, V. M. (2017). El cultivo de las hortalizas (Manual para el Productor). Bolivia: UNODC. Proyecto Manejo Integral de los Recursos Naturalesen el Trópico de Cochabamba y los Yungas de La PazBOL/I79.
- Stohand, N. (2015). Salat-Ein Gemüse für jede JahreszeitSalat. Alemania.
- Stucky, G. & Eymann T. (2013) Substrate für den Gartenbau. (L.f Wheinstephan, Ed.) Alemania
- Telenchana Tisalema, J. J. (2018). "EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuumL.*)". Ambato, Ecuador.
- Tortosa, G. (2013). Composts como alternativa a la turba: inoculación de rizobios. Divulgación científica sobre compost, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), rizobios y leguminosas.