



**Evaluación de la mezcla de sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz en la  
producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro**

Procel Castillo, Carlos Augusto

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

18 de agosto del 2023



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Certificación:**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la mezcla de sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz en la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro**, fue realizado por el señor: **Procel Castillo, Carlos Augusto**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 18 de agosto del 2023



**Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgtr.**

C. C:1708262348

# Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Procel Castillo Carlos Augusto escrito...

## Scan details

Scan time	Total Pages	Total Words
August 18th, 2023 at 19:8 UTC	39	9526

## Plagiarism Detection

 <b>6.9%</b>	<b>Types of plagiarism</b>	<b>Words</b>
	● Ident. of	5.2% 492
	● Minor Changes	1.2% 118
	● Paraphrased	0.5% 48
	○ Omitted Words	0% 0

## AI Content Detection

<b>Text coverage</b>
● AI text
○ Human text
<b>N/A</b>



Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgtr.

C. C:1708262348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Procel Castillo, Carlos Augusto**, con cédula de ciudadanía No 1718054602, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de la mezcla de sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz en la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 18 de agosto del 2023

Procel Castillo, Carlos Augusto

C.C.: 1718054602



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Autorización de Publicación:**

Yo, **Procel Castillo, Carlos Augusto**, con cédula de ciudadanía No. 1718054602 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la mezcla de sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz en la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 18 de agosto del 2023

.....  
**Procel Castillo, Carlos Augusto**

C.C.: 1718054602

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi hijo Franco Antonio por ser el motor que siempre me alienta a superarme, a mis padres y hermanos que siempre han estado prestos para apoyarme siendo ellos las personas que me han inculcado valores y principios para alcanzar mis metas, por ellos se me hace posible culminar la carrera y llevarme la mejor experiencia académica.

**Carlos Augusto Procel Castillo**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme entendimiento, salud y esmero para hacer posible mi sueño y el de mi familia de convertirme en un profesional más para la patria.

Al Ing. Pablo Aníbal Landázuri Abarca por haberme dado la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo y la por la confianza depositada en mí.

A todo el personal docente y compañeros colegas con los que me he formado en el ámbito académico, gracias a ellos por enseñarme día a día y llenarme de conocimiento.

**Carlos Augusto Procel Castillo**

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen .....	14
Abstract.....	15
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
Antecedentes .....	16
Justificación.....	17
Objetivos .....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos .....	18
Hipótesis .....	19
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>20</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
Sustrato.....	20
Características de los sustratos.....	20
Tipos de sustratos .....	20

Materiales inorgánicos o sustratos inertes .....	21
Materiales orgánicos o sustratos activos.....	21
Fibra de coco.....	21
Sustratos lignocelulósicos .....	22
Celulosa .....	22
Lignina.....	22
Hemicelulosa.....	23
Bagazo de maíz .....	23
Características fisicoquímicas .....	24
Microgreens.....	24
Densidad de siembra.....	25
Luminosidad.....	25
Riego.....	25
Fertilización .....	26
Frijol Mungo.....	26
Lechuga .....	27
Cebolla Puerro .....	27
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>28</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
Ubicación del sitio de estudio .....	28
Establecimiento del experimento .....	28
Preparación de las semillas .....	28
Preparación de sustrato .....	29
Desinfección del sustrato .....	30
Labores agronómicas .....	31
Siembra .....	31

Riego .....	32
Elaboración del video .....	32
Diseño experimental.....	32
Factores y tratamientos.....	32
Tipo de diseño .....	33
Variables de respuesta.....	35
Porcentaje de Germinación.....	35
Rendimiento biológico.....	35
Días a la germinación .....	35
Masa fresca y masa seca .....	35
Contenido de clorofila .....	35
Propiedades físicas de los sustratos .....	36
Densidad aparente.....	36
Densidad real.....	36
Capacidad de retención de humedad de los sustratos.....	37
Granulometría de los sustratos .....	37
Propiedades químicas de los sustratos .....	38
Potencial Hidrógeno (pH) y Conductividad Eléctrica (CE).....	38
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>39</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
Variables agronómicas .....	39
<b>Porcentaje de germinación .....</b>	<b>40</b>
<b>Altura .....</b>	<b>40</b>
<b>Días a la germinación .....</b>	<b>40</b>
Variables fisiológicas.....	41
<b>Masa seca y masa fresca .....</b>	<b>41</b>

<b>Rendimiento biológico .....</b>	<b>41</b>
<b>Contenido de clorofila .....</b>	<b>42</b>
<b>Clorofila A.....</b>	<b>43</b>
<b>Clorofila B.....</b>	<b>43</b>
<b>Clorofila total.....</b>	<b>43</b>
Características físicas .....	43
Características químicas .....	44
Contaminación del sustrato .....	45
Video ilustrativo de la producción de microgreen.....	45
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
Conclusiones.....	47
<b>Bibliografía .....</b>	<b>48</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Descripción de los sustratos en las diferentes especies. ....</i>	33
<b>Tabla 2</b> <i>Análisis de la varianza (ANAVA) medias <math>\pm</math> desviación estándar del efecto en las variables % de germinación, altura, rendimiento biológico y días a la germinación entre las especies cultivadas como microgreens en cada uno de los sustratos.....</i>	39
<b>Tabla 3</b> <i>Análisis de la varianza (ANAVA) medias <math>\pm</math> desviación estándar del efecto en las variables masa seca y masa fresca entre las especies cultivadas como microgreens en cada uno de los sustratos.....</i>	41
<b>Tabla 4</b> <i>Características físicas de los sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz, fibra de coco y sus combinaciones para la producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga .....</i>	44
<b>Tabla 5</b> <i>Características químicas ( pH y CE) de los sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz, fibra de coco y sus combinaciones para la producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga .....</i>	45

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ubicación geográfica del laboratorio de fisiología vegetal y principios activos.....</i>	28
<b>Figura 2</b> <i>Desinfección y preparación de las semillas .....</i>	29
<b>Figura 3</b> <i>Sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz y fibra de coco.....</i>	30
<b>Figura 4</b> <i>Desinfección del bagazo de maíz y la fibra de coco. ....</i>	30
<b>Figura 5</b> <i>Siembra de los microgreens.....</i>	31
<b>Figura 6</b> <i>Riego de los microgreens.....</i>	32
<b>Figura 7</b> <i>Disposición de los tratamientos en el estudio de la evaluación.....</i>	34
<b>Figura 8</b> <i>Sustratos en el tamizador.....</i>	38
<b>Figura 9</b> <i>Contenido de clorofila.....</i>	42
<b>Figura 10</b> <i>Plataforma donde se subió el video como material ilustrativo.....</i>	46

## Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar sustratos lignocelulósicos como el bagazo de maíz y la fibra de coco en combinaciones porcentuales: T1. 100% bagazo de maíz, T2. 50% bagazo de maíz 50% fibra de coco, T3. 25% bagazo de maíz 75% fibra de coco, T4. 75% bagazo de maíz 25% fibra de coco y T5. 100% fibra de coco, como una alternativa de producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga, la primera fase del experimento que fue la siembra se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal y principios activos de la hacienda el Prado, la siembra se realizó en tarrinas de polietileno con 300 cm<sup>3</sup> de cada uno de los tratamientos, 21 días después de la siembra los microgreens fueron cosechados y se procedió a evaluar porcentaje de germinación, días a la germinación, altura, contenido de clorofilas, rendimiento biológico, masa fresca y masa seca. La evaluación de propiedades físicas y químicas de los sustratos se realizó en el laboratorio de suelos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones por cada tratamiento y especie, Se usó pruebas de comparación de Duncan para la validación estadística. En las variables agronómicas se presentaron diferencias significativas en la interacción especie\*sustrato teniendo los mejores rendimientos con T2. 50% bagazo de maíz 50% fibra de coco y T5. 100% fibra de coco a comparación del resto. En las variables fisiológicas evaluadas existió diferencia significativa únicamente en factor especie.

**Palabras Clave:** MICROGREENS, SUSTRATOS, LIGNOCELULÓSICO

## **Abstract**

The main objective of this research was to evaluate lignocellulosic substrates such as corn bagasse and coconut fiber in percentage combinations: T1. 100% corn bagasse, T2. 50% corn bagasse 50% coconut fiber, T3. 25% corn bagasse 75% coconut fiber, T4. 75% corn bagasse 25% coconut fiber and T5. 100% coconut fiber, as an alternative for the production of mung bean, onion, leek and lettuce microgreens, the first phase of the experiment, which was planting, was carried out in the plant physiology and active principles laboratory of the El Prado farm, the Sowing was carried out in polyethylene tubs with 300 cm<sup>3</sup> of each of the treatments, 21 days after sowing the microgreens were harvested and the germination percentage, days to germination, height, chlorophyll content, biological yield were evaluated. fresh mass and dry mass. The evaluation of physical and chemical properties of the substrates was carried out in the soil laboratory. A completely randomized design (DCA) was used, with four replicates for each treatment and species. Duncan's comparison tests were used for statistical validation. In the agronomic variables there were significant differences in the species\*substrate interaction, having the best yields with T2. 50% corn bagasse 50% coconut fiber and T5. 100% coconut fiber compared to the rest. In the physiological variables evaluated, there was a significant difference only in the species factor.

**Keywords:** MICROGREENS, SUBSTRATES, LIGNOCELLULOSIC

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Los residuos agrícolas lignocelulósicos, se han considerado como sobrantes de cosecha para los agricultores. Cabe señalar, que de los cultivos, solo se aprovecha entre del 10 al 15% de las plantas como fuente de alimento, el resto es quemado o incorporado al suelo según el país o la región donde se produzcan, considerando las propiedades que tienen estos residuos, se los podría emplear en algunos procesos agrícolas como sustrato para germinación de semilla, ya que algunos materiales se consideran idóneos gracias a sus propiedades físico-químicas, para ser un material de soporte para las raíces, por su gran capacidad de retener el agua y absorción de nutrientes. Otra aplicación de estos residuos puede ser el uso industrial para la fabricación de papel, cartón, fibras, biocombustibles, entre otros (Ruilova y Hernández, 2014).

El residuo de la cosecha del maíz se le conoce como bagazo, el cual se encuentra compuesto por celulosa (45 %), hemicelulosa (35 %) y lignina (15 %), de los cuales la hemicelulosa se compone mayoritariamente por xilano de maíz (28-35 % base seca), considerándose como un material adecuado para utilizarlo como sustrato lignocelulósico, alternativo para la germinación de semillas. El uso de estos sustratos, se han generalizado en países como España, Perú, El Salvador, Brasil y Colombia, en la producción hortícola y ornamental que optan por sustituir a los sustratos de origen mineral por algunos de origen residual (Cruz, 2021), como es el caso del bagazo de maíz.

En el Ecuador se han realizado diferentes pruebas con sustratos alternativos para la producción de plántulas en producción de frutilla (Morocho, 2017) estacas de rosa, además el uso del bagazo de maíz con diferentes combinaciones para la producción de plántulas de lechuga, donde se logró establecer que el tratamiento con mayor éxito en cuanto a % de germinación, altura de las plántulas, diámetro radicular y grosor del tallo fue el tratamiento con

75 % de bagazo de maíz y 25% de humus considerándose una alternativa efectiva a comparación de los sustratos minerales (Garzón, 2018) .

La implementación de nuevas opciones nutricionales de la mano con la agricultura obligó a las personas a adaptarse a las nuevas tendencias nutricionales, en los años 80 en California se inicia la tendencia de producción y consumo de microgreens como especia o atractivo para la comida gourmet. En el año 2010, el Dr. Zhenlei Xiao realizó un análisis comparativo del valor nutricional entre plantas jóvenes (microgreens) y plantas maduras, encontrando, que las plantas jóvenes tienen hasta 120 veces más valor nutricional que las plantas maduras con la misma cantidad (peso) de materia verde (Pacas, 2022).

Microgreens es un término de marketing utilizado para describir plántulas comestibles jóvenes y tiernas. La producción de microgreens son un tipo de verduras de hoja verde o también conocidas como hojas del cotiledón que se cosechan poco después de que hayan emergido las primeras hojas verdaderas. Se cortan justo por encima de las raíces y se consumen frescas como verduras para ensalada. Este cultivo tiene un ciclo de producción rápido (dos a tres semanas) y ocupa muy poco espacio, los microgreens poseen un alto valor nutricional y su aceptación a la hora de consumirlos, además dispone de una gran variedad en cuanto sabores, texturas y colores (Di Gioia *et al.*, 2017).

### **Justificación**

La producción agrícola a nivel mundial genera muchos desperdicios de cosecha. Estos residuos suelen tener como destino ser incorporados al suelo para mejorar sus características Físicoquímicas o ser quemados para implementar nuevos cultivos de interés agrícola, siendo estos los responsables de generar un impacto ambiental desfavorable por la emisión de monóxido de carbono, dióxido de carbono y entre otros gases que coadyuvan con el efecto invernadero, se propone otra opción de empleo para estos materiales tales como generar sustratos alternativos para la producción de plántulas sabiendo que los sustratos tradicionales alcanzan precios elevados y están alejados de los puntos de extracción o las fábricas que los

producen tienen materia prima limitada para satisfacer la demanda que tienen estos sustratos en el mercado (Prado, 2012).

Los sustratos lignocelulósicos se consideran una alternativa más rentable y sostenible a la hora de producir nuestras propias plantas ya que se consideran como un material sin costo alguno y se pretende darle un valor agregado produciendo microgreens de lechuga, cebolla puerro y frijol mungo en bagazo de maíz, las características que tienen estos sustratos orgánicos son favorables para la germinación y crecimiento de las plántulas. Los microgreens son plantas jóvenes que deben ser consumidas cuando aparecen sus primeras dos hojas verdaderas, el tiempo que puede durar desde la siembra hasta la cosecha es de 10 a 15 días, y alcanzar alturas desde 5-15 cm, esto dependerá exclusivamente de la especie cultivada (Ruilova y Hernández, 2014).

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la mezcla de sustratos lignocelulósicos como el bagazo de maíz en la producción de microgreens de cebolla puerro, lechuga y frijol mungo.

### **Objetivos específicos**

Analizar variables agronómicas y fisiológicas en la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro.

Establecer la mejor alternativa de sustrato para la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro.

Caracterizar las variables físicas y químicas de los sustratos lignocelulósicos a diferentes mezclas porcentuales.

Difundir a través de plataformas digitales la producción de microgreens en bagazo de maíz, como alternativa de producción.

## **Hipótesis**

**H0:** La producción de microgreens para lechuga, frijol mungo y cebolla puerro es similar en bagazo de maíz, fibra de coco y sus combinaciones (25:75%: 50:50% y 75:25%).

**H1:** La producción de microgreens para lechuga, frijol mungo y cebolla puerro difiere al menos en uno de los sustratos.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **Sustrato**

Es cualquier medio distinto al suelo ya sea natural, mineral o solución nutritiva que permita el desarrollo del sistema radicular en las plantas, también es considerado como el espacio físico dónde se lleva a cabo el desarrollo, soporte y anclaje de las plantas, los sustratos se caracterizan por tener buena capacidad de retención de agua, aireación, baja densidad aparente, ideal conductividad eléctrica, lenta descomposición, baja capacidad de intercambio catiónico, estar libre de patógenos (hongos, nemátodos y arvenses), bajo costo, fácil adquisición y que puedan proveer los nutrientes que requieren las plantas. Los sustratos son una alternativa segura y altamente productiva para alcanzar una agricultura sustentable y sostenible (Chen, 2022).

#### **Características de los sustratos**

En la producción agrícola no existen sustratos que sean capaces de satisfacer el requerimiento de todas las plantas, sin embargo alguno de ellos se adaptan bien en algunas especies vegetales, por eso es importante considerar sus características físico químicas que permitan establecer de mejor manera cuál es el sustrato con mejor aptitud para cada especie, tomando en cuenta las condiciones donde se vaya implantar esta práctica de agricultura alternativa es decir, lugar, condiciones climáticas, factores económicos y disponibilidad de estos recursos en el mercado, los sustratos deben cumplir con las siguientes características para un buen desarrollo y producción de las plantas (Pastor, 1999).

#### **Tipos de sustratos**

Existen dos tipos de sustratos los cuales pueden clasificarse según el requerimiento o influencia que ejerza la planta.

### **Materiales inorgánicos o sustratos inertes**

Su origen puede ser de algún subproducto mineral o industrial, la forma en que se los encuentra en la naturaleza es como gravas, piedra pómez, cuarzo, arenas, perlita y vermiculita estos materiales se caracterizan por su larga durabilidad, buena retención de agua y capacidad de aireación. Estos materiales poseen aptitudes idóneas para ser usadas o implementadas en la actividad agrícola. Cabe mencionar que las adquisiciones de estos materiales representan un costo adicional y en algunos casos están limitados en el mercado (Martínez, 2011).

### **Materiales orgánicos o sustratos activos**

Todos los sustratos que contengan en su estructura carbono (C) son considerados como materiales orgánicos, es decir que provienen de algún ente biológico, además se caracterizan por su forma natural de descomponerse como las turbas, fibra de coco, cascarilla de arroz y materiales lignocelulósicos. Estos sustratos poseen características favorables como proporcionar cierta cantidad de nutrientes, retención de agua y buena aireación. Son materiales renovables y abundantes en la naturaleza (Soto, 2020).

#### **Fibra de coco**

Es un subproducto de la industria de coco. La fibra de coco se refiere a la parte externa o mesocarpio de la fruta de coco, es decir, lo queda después de obtener aceite y pulpa de coco. Las fibras consisten en capas externas e interior o xilema, el xilema contiene una gran cantidad de pectina, básicamente es un material compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina estos compuestos bioquímicos lo hace duradero, otra función es que permite múltiples ciclos de producción de (hasta 3-5 años) por su resistencia se biodegrada, excepto por mucha luz es un sustrato con buena porosidad, que promueve la vitalidad de la raíz y puede soportar un alto nivel de humedad sin saturarse además mantiene la proporción correcta de aire y agua (Crespo, 2012).

## **Sustratos lignocelulósicos**

Son residuos o subproductos que se obtienen a partir cosechas agrícolas, agroindustria y deforestación en cantidades elevadas que van sobre el 85% de la producción, este residuo no es apto para el consumo y su comercialización, por lo tanto, son destinados a ser quemados o incorporados al suelo para enriquecer las características fisicoquímicas del mismo. Los sustratos lignocelulósicos se consideran también como materiales orgánicos por su composición molecular que contienen carbohidratos estructurales como la lignina, celulosa y hemicelulosa (Mussatto, 2006).

### **Celulosa**

Es el principal componente que se encuentra en la pared celular de las plantas considerándose como un homopolisacárido básico en la estructura celular vegetal, siendo el biopolímero más abundante y renovable que existe en el planeta (Montero, 2014).

La cristalinidad de la celulosa se encuentra en función de la gran cantidad de puentes de hidrógeno, hecho que además explica por qué la celulosa no es soluble en los sistemas de solventes usuales. Ella es la responsable de determinadas propiedades físicas y mecánicas de los materiales lignocelulósicos además la celulosa está relacionada con otras moléculas poliméricas como la lignina y la hemicelulosa (Varga *et al.*, 2002).

### **Lignina**

Se considera como una molécula componente de la pared celular vegetal, las ligninas son polímeros vegetales fenólicos complejos esenciales para el soporte mecánico, la defensa y el transporte de agua en las plantas vasculares en reacción catalizada por enzimas en vía radicales libres. Las unidades de fenil propano (C9) se unen por enlaces C-O-C y C-C, presentando en su estructura grupos hidroxilos, carbonilos, metoxilos y carboxilos (Gutierrez & Río, 2010). Se forman mediante el acoplamiento oxidativo de tres unidades principales C6-C3 (fenilpropanoide). A diferencia de otros polímeros naturales como proteínas, polisacáridos y

ácidos nucleicos, que tienen enlaces entre unidades susceptibles a hidrólisis enzimática y química, la lignina contiene enlaces carbono-carbono y bifenil éter (Sun *et al.*, 2000).

### **Hemicelulosa**

Se considera como un intermediario entre la celulosa y la lignina para la incrustación de micro fibrillas en la estructura de la pared celular vegetal. La hemicelulosa es un heteropolímero compuesto principalmente por los azúcares arabinosa y xilosa, aunque también presenta en su composición glucosa, manosa, galactosa y algunos ácidos glucurónicos (Ortiz, 2016). La hemicelulosa está presente en toda la pared celular desde la lámina media hasta la pared secundaria de su estructura, la hemicelulosa está presente en las paredes de :  $\beta$  (1-3),  $\beta$  (1-4) glucanos, calosa  $\beta$  (1-3), las cuales se encuentran en pequeñas cantidades y son una respuesta a las lesiones que se dan en el floema (Saha, 2003).

La hemicelulosa, es el segundo polisacárido más común en la naturaleza, representan alrededor del 20-35% de la biomasa lignocelulosa. Los xilanos son las hemicelulosas más abundantes. En los últimos años, la bioconversión de la hemicelulosa ha recibido mucha atención debido a sus aplicaciones prácticas en varios procesos agroindustriales (Bárány *et al.*, 2018).

### **Bagazo de maíz**

El maíz es una planta herbácea anual con un ciclo de cultivo que va desde los 215 hasta los 270 días desde la siembra hasta su cosecha, esto dependerá de la altitud donde se establezca el cultivo, su origen se dio en México hace más de 10 mil años, esta gramínea es cultivada alrededor de todo el mundo, los residuos que genera este cultivo como maíz amarillo es de 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo, varía de 16 a 25 toneladas por hectárea (Prado, 2012).

El bagazo de maíz al ser un material lignocelulósico de origen orgánico considerado como un subproducto o remanente de las cosechas de esta gramínea es un material abundante de fácil adquisición y con un costo mínimo, se lo obtiene a partir de la trituración del

tallo, hojas, mazorca e inflorescencias, La granulometría depende de la forma y maquinaria que se emplee en el proceso de trituración (Rivera, 2016).

Otros aspectos que se deben considerar para la obtención del bagazo de maíz son: la variedad, estado fenológico, métodos empleados en la cosecha y condiciones edafoclimáticas donde se obtenido la caña de maíz, todo esto puede determinar la calidad y cantidad que se obtenga de bagazo. este material lignocelulósico tiene la aptitud apropiada ya ser aprovechado en diferentes procesos agroindustriales como es la obtención etanol, papel, tableros aglomerados, celulosa, biocombustible y sustratos, El bagazo de caña de maíz está compuesto por el recubrimiento, en donde se encuentra la epidermis, la corteza y el periciclo, los mazos de fibra vascular, entre los que figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente delgada con estrecho lumen, el tejido básico (parénquima) o médula, con mazos de fibra distribuidos irregularmente (Córdova, 2009).

### **Características fisicoquímicas**

El bagazo de maíz al ser un material lignocelulósico contiene en su estructura azúcares, fibras, aminoácidos e hidratos de carbono que le otorgan propiedades de insolubilidad en agua como la celulosa, lignina que son enlazadas por la hemicelulosa con valores en base seca son de 45, 15 y 35 respectivamente en la estructura celular (Prado, 2012).

### **Microgreens**

Los microgreens, o microverdes, son vegetales que se cosechan antes de que estén maduros, además están más concentrados los nutrientes que las plantas adultas y contienen más clorofila en su composición. Los microgreens se encuentran en las etapas de germinación y post-germinación cuando aparecen las primeras hojas, llamadas cotiledones, seguidas de las primeras hojas definitivas. En las primeras etapas de crecimiento, de unos 3-15 cm de altura, la planta tiene un sabor agradable y un alto valor nutricional mayor que el de las plantas adultas. Los microgreens son vegetales muy jóvenes que se cosechan a temprana edad en su crecimiento y son muy fáciles de cultivar en rincones abiertos de la casa, no requieren un jardín

y son fáciles de cuidar y cosechar. La ventaja de los microgreens es su valor nutricional, que es mucho mayor por gramo que las plantas adultas, con un sabor más agradable y más micronutrientes como magnesio, potasio, hierro, zinc y polifenoles, estas plantas en miniatura tienen niveles de antioxidantes 40 veces más altos que las plantas adultas (Pacas, 2022).

### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra para la producción de microgreens está relacionada con el tamaño de la semilla que se vaya a usar, es decir que la cantidad de semillas que cubran el área destinada para el establecimiento del cultivo será mayor o menor de acuerdo a la especie que se desee sembrar, para semillas de tamaño grande es recomendable colocar una semilla por cada  $\text{cm}^2$  mientras que en semillas pequeñas se debe colocar 4 por cada  $\text{cm}^2$ , la densidad de siembra que se vaya a utilizar determinará la calidad del microgreens que se produzcan, una inadecuada densidad puede provocar contaminaciones fúngicas y bacterianas como es el caso de *Fusarium sp.*, *Sclerotinia sclerotium*, *Mucor sp.*, *Salmonella enterica* y *Escherichia coli* los cuales pueden generar malestar y resultar perjudiciales para la salud de los consumidores (Martínez, 2011).

### **Luminosidad**

Las pigmentación y vigorosidad de los microgreens dependen de la calidad y cantidad de luz que reciban durante su desarrollo, los microgreens requieren de una radiación luminosa de mínimo de  $100 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ . La calidad comercial, higiénica, sanitaria y nutricional del producto se ve afectada por la luminosidad (Botero, 2017).

### **Riego**

Para la implementación del sistema de riego en microgreens se lo debe realizar de dos formas, la primera es por nebulización cuando las semillas están empezando la germinación, este sistema de riego se lo debe realizar hasta que empiecen a emerger las primeras hojas del cotiledón, el segundo sistema de riego que se debe utilizar es el subirrigación el cual consiste en sumergir el recipiente con el sustrato hasta dejarlo humedecido totalmente, la frecuencia con

que se debe realizar esta labor es dependiendo de las condiciones climáticas procurando que no exista estrés hídrico en las plantas (Villacis, 2018).

### **Fertilización**

La fertilización en microgreens es una práctica opcional, pero también dependerá del tipo de sustrato en donde se vayan a desarrollar los microgreens, es decir si son de origen orgánico o mineral, si son de origen orgánico estos aportaran con algún tipo de nutrientes a las planta, pero si son de origen mineral se recomienda realizar una fertirrigación con N 105, P 15, K 117, Ca 100, Mg 24, B 0,25, Cu 0,01, Fe 2,5, Mn 0,25, Mo 0,005, Zn 0,025 mg/l para suplir los requerimientos nutricionales (Villacís, 2018).

### **Frijol Mungo**

El frijol mungo es una de las leguminosas más cultivadas a nivel mundial y es consumido principalmente en regiones del continente asiático ya que posee diversos nutrientes que le brindan su poder terapéutico como compuestos bioactivos, proteínas, minerales y fibra (Peláez, 2003)

Es un cultivo de ciclo corto que es muy utilizado como: comestible en grano y germinado, abono verde, sus semillas germinan a los 3 o 4 días después de la siembra (Faria, 2021)

Existen diferentes tipos de judías mungo que se pueden comprar enteras, partidas o germinadas, las enteras se caracterizan por tener una cáscara verde y bastante dura, las partidas tienen en su interior un color anaranjado (García, 2000).

La composición nutricional del frijol mungo es aproximadamente 20-24% de proteína, siendo la globulina y albúmina las principales proteínas de almacenamiento que se encuentran en los germinados de frijol mungo y constituyen más del 60% y el 25% de la proteína total, son ricos en vitaminas C, A y complejo B su sabor es suave de textura fina y delicada (Perez, 2012).

## **Lechuga**

La lechuga es una planta anual con un sistema radicular profundo y poco ramificado, sus hojas suelen ser redondeadas o algo alargadas se consume durante todas las épocas del año, por lo que siempre existe en el mercado gran demanda de este producto. Sus semillas germinan alrededor de entre 1 a 7 días (Elein, 2011).

Los microgreens de lechuga son muy populares por su diminuto follaje que contiene muchos antioxidantes, luteína y zeaxantina que son formidable potenciadores de la vista, además fortalecen el sistema nervioso y mejora los procesos digestivos (Castellanos S. *et al.*, 2015).

## **Cebolla Puerro**

La cebolla puerro las semillas germinan y brotan en “3-4 días”, es muy importante que al momento que ya hayan germinado retirar la bandeja cubierta y colocar los microgreens de puerro directamente debajo de la luz ya que esto ayudará a que se torne de un color verde brillante es aquí donde se debe regar el medio del cultivo sin mojar las hojas. Sus microvegetales de puerro crecerán de manera constante desde aquí hasta alcanzar las 3-4 pulgadas de alto y es aquí donde están listas para ser cosechadas (Tarira, 2015).

Estos microgreens son muy populares en Europa ya que se puede obtener 3 cosechas de cada cultivo, aunque su tamaño se reduce todavía tiene un sabor a cebolla, pero un poco más dulce, tiene una textura fibrosa (Baracaldo, 2015).

Los microgreens de puerro crecen mucho más rápido ya que su cosecha está en 10-12 días contienen vitamina C, vitamina E, fibra dietética, ácido fólico y hierro, también ayuda en el crecimiento del cabello, mejora la salud de los huesos y reduce el riesgo a enfermedades cardiacas (Baracaldo, 2015).

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### Ubicación del sitio de estudio

La unidad de integración curricular se desarrolló en los laboratorios de fisiología vegetal y principios activos de la carrera de ingeniería Agropecuaria IASA I con coordenadas  $0^{\circ} 23'05.7''S$   $78^{\circ}24'54.1''W$ , (-0.384903, -78.415017), con una altitud de 2684 msnm y una temperatura promedio de  $13^{\circ}C$  ubicada en la hacienda el Prado, parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. (Figura 1).

### Figura 1

*Ubicación geográfica del laboratorio de fisiología vegetal y principios activos*



*Nota.* "IASA Map". Recuperado de (Google Earth, 2023)

### Establecimiento del experimento

#### Preparación de las semillas

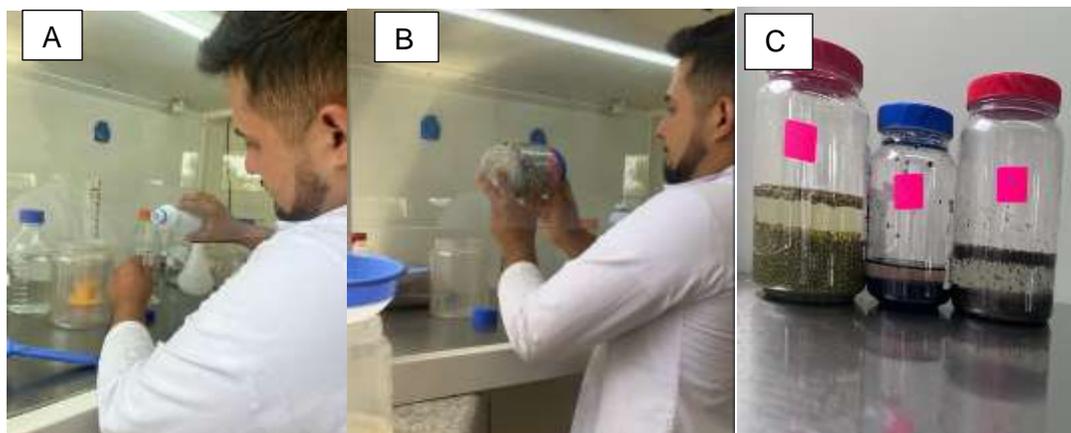
Para el experimento se adquirió semillas de frejol mungo, cebolla puerro y lechuga que no hayan tenido protocolos de desinfección con agroquímicos, esto con la finalidad de preservar la salud de los consumidores de los microgreens.

Se desinfectó las semillas de las tres especies anteriormente mencionadas con hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) al 0.5% en la cámara de flujo laminar por un lapso de tiempo de

siete minutos en constante agitación, inmediatamente se procedió a lavar los residuos de cloro en la semilla con agua destilada por periodos de uno, tres y tres minutos en constante agitación, una vez desinfectadas las semillas se las dejó en remojo con agua destilada durante 24 horas.

## Figura 2

*Desinfección y preparación de las semillas*



*Nota.* A. desinfección con hipoclorito de sodio al 0,5 %, B. lavado de las semillas, C. Remojo durante 24 horas. Autoría propia.

## Preparación de sustrato

En el experimento se utilizaron dos sustratos de origen orgánico “bagazo de maíz y fibra de coco”. La obtención del bagazo de maíz fue a partir de los residuos de cosechas de un cultivo de maíz establecido en el invernadero de horticultura IASA I, una vez cosechada las mazorcas de maíz se procedió a cortar los tallos incluyendo hojas e inflorescencias para llevarlas a la picadora con el objetivo de reducir el tamaño de partículas y hacerlas aptas para usarlas como sustrato, el bagazo de maíz posee gran cantidad de azúcares en su estructura, para eliminar el azúcar presente en el bagazo de maíz se realizó 3 enjuagues para solubilizar el azúcar y desprenderla de su estructura, la fibra de coco se adquirió en la zona de Nayón.

### Figura 3

*Sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz y fibra de coco*



*Nota. A. bagazo de maíz, B. fibra de coco. Autoría propia*

### Desinfección del sustrato

Para este proceso se tomó un volumen de aproximadamente 9 litros de fibra de coco y 9 litros de bagazo de maíz en bolsas plásticas resistentes al proceso, los cuales fueron autoclavados un día previo a la siembra de las semillas a una temperatura de 121° C y presión de 120 bares durante 20 minutos.

### Figura 4

*Desinfección del bagazo de maíz y la fibra de coco*



*Nota. Desinfección en autoclave. Autoría propia*

## Labores agronómicas

### Siembra

La siembra se realizó en la cámara de flujo laminar con la finalidad de evitar posibles contaminaciones, las combinaciones que se utilizaron fueron: T1. 100% bagazo de maíz, T2. 50% bagazo de maíz 50% fibra de coco, T3. 25% bagazo de maíz 75% fibra de coco, T4. 75% bagazo de maíz 25% fibra de coco y T5. 100% fibra de coco, en tarrinas de polietileno con un área de 150 cm<sup>2</sup> y un volumen de 900 cm<sup>3</sup> del cual se utilizó 300 cm<sup>3</sup> de sustrato en sus diferentes combinaciones ocupando así la tercera parte de su capacidad, a estas tarrinas se les realizó perforaciones homogéneas en la parte basal que permitieron el riego y drenaje del experimento.

Para la siembra de frijol mungo se colocaron 300 semillas, en el caso de la cebolla puerro y lechuga se colocaron 600 semillas las cuales fueron contadas y pesadas previamente a la siembra en cada una de las tarrinas, la forma en que se las sembró fue de manera homogénea para que puedan cubrir toda el área basal. Finalmente, se hermetizó las tarrinas con parafilm para evitar posibles contaminaciones, en la parte superior de las tarrinas se colocó sarán negro para estimular la germinación de las semillas.

### Figura 5

*Siembra de los microgreens*



*Nota.* A. siembra de las semillas en la cámara de flujo laminar, B. establecimiento del experimento en la germinadora. Autoría propia.

## Riego

Al momento de la siembra con un atomizador se realizó el riego previo a hermetizar con el parafilm las tarrinas con la finalidad de generar humedad en el sustrato, los siguientes riegos se lo realizaron a los 7 y 15 días después de la siembra.

## Figura 6

### *Riego de los microgreens*



*Nota.* A. riego a la siembra por aspersión, B. riego por sumersión a los siete y quince días después de la siembra. Autoría propia.

## Elaboración del video

Se recopiló un álbum de fotografías y de videos con la metodología y resultados obtenidos del experimento, el video se subió a la plataforma de You tube con tendencias en el área agrícola.

## Diseño experimental

### Factores y tratamientos

Las unidades experimentales fueron tarrinas de polietileno de 300 cm<sup>3</sup> con la combinación de sustratos (fibra de coco y bagazo de maíz) T1. 100% bagazo de maíz, T2. 50% bagazo de maíz 50% fibra de coco, T3. 25% bagazo de maíz 75% fibra de coco, T4. 75% bagazo de maíz 25% fibra de coco y T5. 100% fibra de coco, siendo estos los factores de

estudio teniendo así 5 tratamientos incluido el control con 4 repeticiones dando un total de 20 unidades experimentales (Tabla 1) por cada especie.

### Tipo de diseño

El tipo de experimento se dispuso bajo el diseño completamente al azar DCA bifactorial con 4 repeticiones obteniendo así 60 unidades experimentales, las variables de respuesta fueron porcentaje de germinación, rendimiento biológico, días a la germinación, masa fresca, masa seca y porcentaje de clorofila. El modelo matemático fue el siguiente

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_j + SE_{ij} + e_{ij}$$

**Tabla 1**

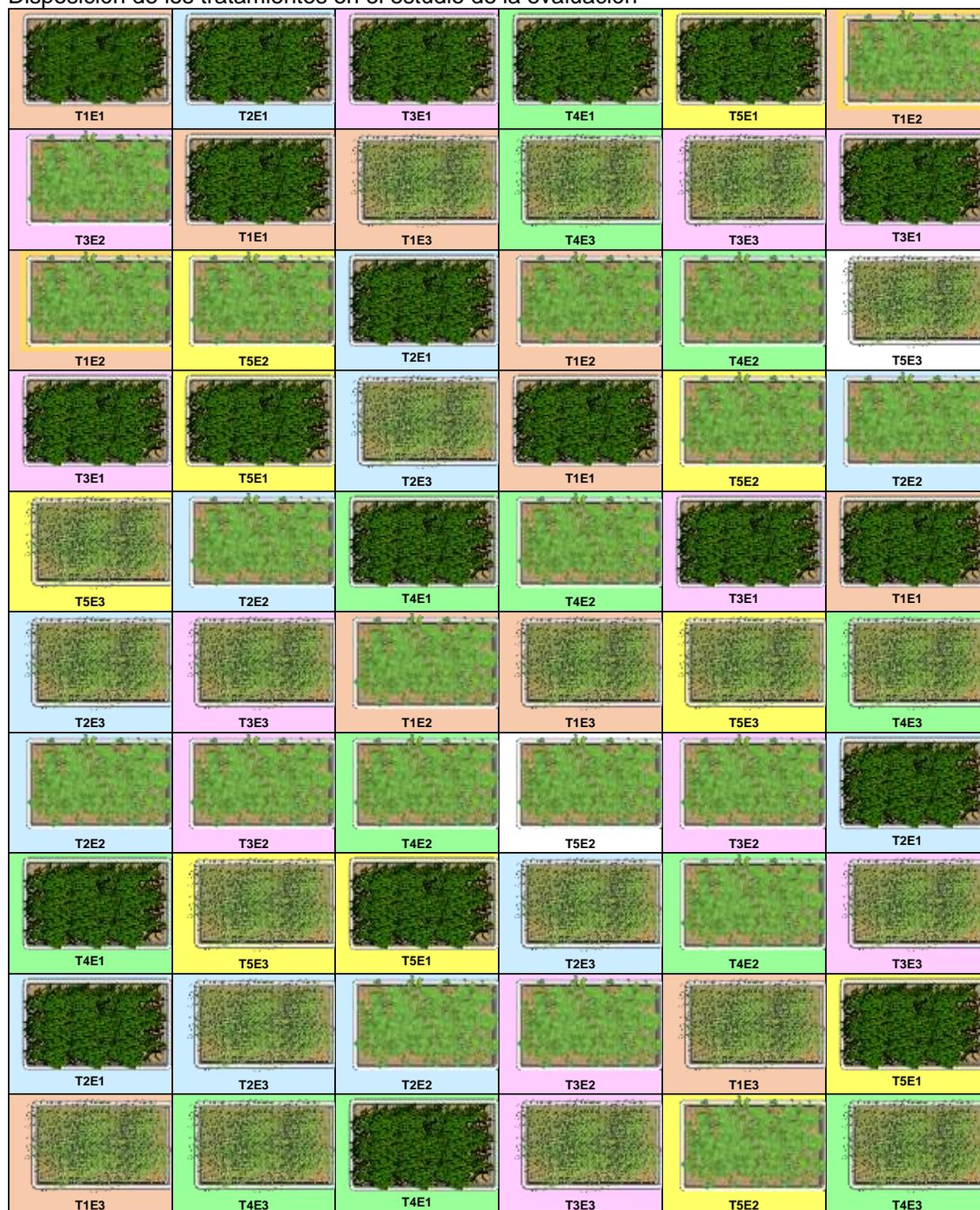
*Descripción de los sustratos en las diferentes especies*

<b>Código</b>	<b>Sustratos</b>	<b>Especies</b>
T1E1	100% Bagazo de caña	Frijol Mungo
T2E1	50% Bagazo de caña/ 50% Fibra de coco	Frijol Mungo
T3E1	25% Bagazo de caña/ 75% Fibra de coco	Frijol Mungo
T4E1	75% Bagazo de caña/ 25% Fibra de coco	Frijol Mungo
T5E1	100% Fibra de coco	Frijol Mungo
T1E2	100% Bagazo de caña	Cebolla Puerro
T2E2	50% Bagazo de caña/ 50% Fibra de coco	Cebolla Puerro
T3E2	25% Bagazo de caña/ 75% Fibra de coco	Cebolla Puerro
T4E2	75% Bagazo de caña/ 25% Fibra de coco	Cebolla Puerro
T5E2	100% Fibra de coco	Cebolla Puerro
T1E3	100% Bagazo de caña	Lechuga
T2E3	50% Bagazo de caña/ 50% Fibra de coco	Lechuga
T3E3	25% Bagazo de caña/ 75% Fibra de coco	Lechuga
T4E3	75% Bagazo de caña/ 25% Fibra de coco	Lechuga
T5E3	100% Fibra de coco	Lechuga

*Nota.* Descripción de las combinaciones asignadas para cada tratamiento evaluado en el presente ensayo. Autoría propia.

**Figura 7**

Disposición de los tratamientos en el estudio de la evaluación



*Nota.* Croquis del experimento con distribución DCA de los tratamientos. Autoría propia.

## **Variables de respuesta**

### **Porcentaje de Germinación**

El porcentaje de germinación se evaluó cuando se cosechó los microgreens, se contaron las plantas jóvenes germinadas y para el cálculo se utilizó la ecuación:

$$\text{Porcentaje de germinación \%} = \left( \frac{\# \text{ semillas germinadas}}{\text{semillas total}} \right) * 100$$

### **Rendimiento biológico**

Para la evaluación del rendimiento biológico se aplicó la ecuación:

$$\text{Rendimiento biológico} = \left( \frac{\text{Peso fresco total de los brotes}}{\text{Peso de las semillas}} \right) * 100$$

### **Días a la germinación**

Para determinar los días a la germinación de cada una de las especies se consideró el tiempo que demorara en aparecer las primeras hojas cotiledóneas que fue cuando se procedió a retirar el parafilm y exponerlas a las plantas a un medio natural.

### **Masa fresca y masa seca**

El contenido de masa fresca de los microgreens se midió en una balanza en los laboratorios de suelos del IASA I considerando útiles el tallo y hojas de cada una de las especies. Para la obtención de masa seca se procedió a deshidratar en fundas de papel respectivamente etiquetadas con cada uno de sus tratamientos y repeticiones en una estufa a 95°C durante 24 horas.

### **Contenido de clorofila**

Para la extracción de clorofila se pesó 0.25 gramos de material vegetal de cada una de las especies (frijol mungo, cebolla puerro y lechuga) los cuales se trituraron en un mortero y se colocó 2.5 ml de etanol al 99%, el macerado se colocó en tubos de ensayo posteriormente se los llevó a refrigeración a 4°C durante 20 horas.

Se retiró de la nevera y se aforó los tubos de ensayo a 6.5 ml de etanol por cada tratamiento y repetición para centrifugar durante 15 minutos y homogeneizar la muestra. Luego

se extrajo la parte líquida de la clorofila para colocarlos en tubos de cuarzo aptos para el espectrofotómetro, las muestras se midieron en un espectrofotómetro spectroFlex 6600 se midió a la base a la siguiente ecuación con etanol al 99%:

$$\text{Clorofila A} = 13.36a * 664nm - 5.19a * 649nm$$

$$\text{Clorofila B} = 27.43a * 649nm - 8.12 * 664nm$$

## **Propiedades físicas de los sustratos**

### **Densidad aparente**

Para calcular la densidad se secaron los sustratos en la estufa a 105 °C por un lapso de 24 horas, después se colocó en un vaso de precipitación los diferentes sustratos utilizados en el experimento: T1. 100% bagazo de maíz, T2. 50% bagazo de maíz 50% fibra de coco, T3. 25% bagazo de maíz 75% fibra de coco, T4. 75% bagazo de maíz 25% fibra de coco y T5. 100% fibra de coco hasta alcanzar los 200 cm<sup>3</sup>, para ser pesados y determinar la densidad aparente utilizando la siguiente ecuación:

$$DA = \frac{PS}{VS}$$

**Donde:**

**DA:** Densidad aparente del sustrato

**PS:** peso del sustrato

**VS:** Volumen del sustrato.

### **Densidad real**

Para el cálculo de la densidad real de los sustratos se compacto el espacio poroso existente dentro del vaso de precipitación con el mismo peso que se obtuvo en la densidad aparente, para el cálculo de la densidad real se utilizó la siguiente ecuación:

$$DR = \frac{Ps}{VSsp}$$

**Donde:**

**DR:** Densidad real del sustrato

**PS:** peso del sustrato

**VSsp:** Volumen del sustrato sin espacio poroso.

### **Capacidad de retención de humedad de los sustratos**

Para el cálculo de la capacidad de retención de humedad se utilizó muestras de 100g de cada uno de los sustratos previamente secados en la estufa a 105 °C por 24 horas para que el sustrato este en punto de marchitez permanente (PMP), a cada uno de los sustratos se le añade 100ml de agua en un vaso con un fondo hueco y papel filtro en su base para alcanzar la capacidad de campo (CC). a los 15 minutos se tomó el peso de cada uno de los sustratos, para el cálculo de la capacidad de retención de humedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$CRH= CC-PMP$$

Donde:

**CRH:** Capacidad de retención de humedad

**CC:** Capacidad de campo

**PMP:** Punto de marchitez permanente

### **Granulometría de los sustratos**

Para el cálculo de la granulometría de los sustratos se utilizó 50 g de cada uno para llevarlos a un tamizador automático de 5 tamices con malla de diferente diámetro en su apertura ordenados de la siguiente manera 5N, 4mm; 12N, 1.7mm; N30, 0.6 mm; N60, 0.25mm; N80, 0.18mm y el recolector al final por el lapso de 5 minutos, el peso obtenido en cada uno de los tamices se lo expresó como porcentaje de partículas.

## Figura 8

*Sustratos en el tamizador*



*Nota.* Sustratos en el tamizador. Autoría propia.

## Propiedades químicas de los sustratos

### Potencial Hidrógeno (pH) y Conductividad Eléctrica (CE)

Para la determinación de pH y CE, se mezcló cada uno de los sustratos con agua destilada en un vaso de precipitación de 300 ml, a una relación 1:1 (v/v), se removió con una varilla de vidrio hasta homogenizar la muestra para tomar la lectura con el equipo marca HANNA.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### VARIABLES AGRONÓMICAS

Las variables agronómicas como el porcentaje de germinación, altura y días a la germinación presentaron diferencias significativas en la doble interacción al realizar el análisis de varianza (ANOVA). Como se muestra en la (tabla 2)

**Tabla 2**

*Análisis de la varianza (ANOVA) medias  $\pm$  desviación estándar del efecto en las variables % de germinación, altura, rendimiento biológico y días a la germinación entre las especies cultivadas como microgreens en cada uno de los sustratos*

Fuentes de variación	Germinación (%)	Altura (cm)	Días a la germinación (días)
Especies	*	*	*
Sustrato	*	*	*
Especie * Sustrato	*	*	*
<b>FRIJOL MUNGO</b>			
100% bagazo de maíz	68.50 $\pm$ 9.00 b	9.31 $\pm$ 1.80 b	20.0 $\pm$ 0.01 b
50% bagazo de maíz/50% fibra de coco	90.50 $\pm$ 1.73 a	12.93 $\pm$ 1.12 a	18.0 $\pm$ 0.01 d
25% bagazo de maíz/ 75% fibra de coco	75.75 $\pm$ 2.22 b	9.68 $\pm$ 1.95 b	19.0 $\pm$ 1.15 c
75% bagazo de maíz/ 25% fibra de coco	88.25 $\pm$ 8.46 a	10.24 $\pm$ 1.18 b	22.0 $\pm$ 0.01 a
100% fibra de coco	88.50 $\pm$ 4.43 a	12.20 $\pm$ 0.34 ab	18.0 $\pm$ 0.01 d
<b>CEBOLLA PUERRO</b>			
100% bagazo de maíz	70.5 $\pm$ 4.20 b	5.06 $\pm$ 0.37c	23.75 $\pm$ 0.50 a
50% bagazo de maíz/50% fibra de coco	83.0 $\pm$ 6.98 a	5.94 $\pm$ 0.46 b	23.25 $\pm$ 1.50 a
25% bagazo de maíz/ 75% fibra de coco	80.25 $\pm$ 1.26 a	6.29 $\pm$ 0.55 b	22.50 $\pm$ 1.73 a
75% bagazo de maíz/ 25% fibra de coco	81.5 $\pm$ 4.12 a	6.47 $\pm$ 0.28 b	22.50 $\pm$ 1.50 b
100% fibra de coco	83.0 $\pm$ 2.58 a	8.2 $\pm$ 0.28 a	23.25 $\pm$ 1.50 a
<b>LECHUGA</b>			
100% bagazo de maíz	63.75 $\pm$ 2.16 b	4.59 $\pm$ 0.16 c	21.00 $\pm$ 0.01 b
50% bagazo de maíz/50% fibra de coco	83.25 $\pm$ 2.99 a	7.44 $\pm$ 2.38 ab	22.50 $\pm$ 1.73 a
25% bagazo de maíz/ 75% fibra de coco	83.00 $\pm$ 3.92 a	6.67 $\pm$ 0.51 b	21.75 $\pm$ 1.50 ab
75% bagazo de maíz/ 25% fibra de coco	80.75 $\pm$ 4.99 a	7.74 $\pm$ 0.35 ab	23.25 $\pm$ 1.50 a
100% fibra de coco	86.00 $\pm$ 2.83 a	8.99 $\pm$ 0.18 a	22.75 $\pm$ 2.06 a

*Nota.* Los valores en la columna seguidos por una letra presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$  DUNCAN). Autoría propia.

### **Porcentaje de germinación**

Se encontró un efecto significativo para la interacción sustrato \* especie ( $F_{8,45}=2.98$ ;  $P=0.0091$ ). mostrando un porcentaje de germinación mayor al 80% en los sustratos; 50% bagazo de maíz/50% fibra de coco, 75% bagazo de maíz/25% fibra de coco, y 100% fibra de coco, estos datos obtenidos son muy similares a (Baracaldo, 2015) quien menciona que el porcentaje de germinación dependerá de la especie que se desee cultivar y se considera exitoso un porcentaje de germinación mayor al 90%.

### **Altura**

Se encontró un efecto significativo para la interacción sustrato \* especie ( $F_{8,45}=3.55$ ;  $P=0.0029$ ). Los microgreens de frijol mungo en el sustrato de 50% bagazo de maíz/50% fibra de coco mostró mayor altura que el resto de tratamientos mientras que los microgreens de cebolla puerro y lechuga en el sustrato del 100% fibra de coco mostraron mayor altura que el resto de tratamientos. Estos resultados difieren a (Garzón, 2018) quien sugiere que con el sustrato 75% tuza de maíz tostada y 25% turba se obtiene una altura homogénea de las plántulas.

### **Días a la germinación**

Se encontró un efecto significativo para la interacción sustrato \* especie ( $F_{8,45}=2.98$ ;  $P=0.0091$ ). Los microgreens de frijol mungo demoraron menos días a la germinación en el sustrato; 50% bagazo de maíz/50% fibra de coco y 100% fibra de coco a comparación del resto de tratamientos, mientras que los microgreens de cebolla puerro y lechuga demoraron menos días a la germinación en el sustrato del 75% bagazo de maíz/25% fibra de coco y 100% bagazo de maíz respectivamente. Estos resultados varían ligeramente a los obtenidos por (García, 2000) donde el tiempo que demoren las semillas en germinar dependerá del tipo de sustrato, temperatura y humedad siendo estos los factores que interactúan en el proceso.

## Variables fisiológicas

Las variables de rendimiento y características fisiológicas de los microgreens como masa seca, masa fresca y rendimiento biológico no presentaron diferencias significativas en la doble interacción, pero si presentaron una diferencia significativa en la fuente de variación (especie) como se muestra en la (tabla 3).

**Tabla 3**

*Análisis de la varianza (ANOVA) medias  $\pm$  desviación estándar del efecto en las variables masa seca y masa fresca entre las especies cultivadas como microgreens en cada uno de los sustratos*

Fuentes de variación	Masa seca (g)	Masa fresca (g)	Rendimiento biológico %
Sustrato	NS	NS	NS
Especie	*	*	*
Especie * Sustrato	NS	NS	NS
Especie			
Frijol mungo	4.65 $\pm$ 0.78 a	43.14 $\pm$ 8.14 a	160.73 $\pm$ 29.88c
Cebolla puerro	1.23 $\pm$ 0.21 b	21.86 $\pm$ 2.04 b	709.94 $\pm$ 134.22b
Lechuga	1.15 $\pm$ 0.28 b	12.50 $\pm$ 3.10 c	1107.90 $\pm$ 169.98a

*Nota.* Los valores en la columna seguidos por una letra presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$  DUNCAN). *Autoría propia.*

## Masa seca y masa fresca

No se encontró diferencia significativa para la interacción especie \* sustrato ( $F_{8,45}=0.55$ ;  $P=0.8106$ ), ( $F_{8,45}=1.26$ ;  $P=0.2864$ ). Los microgreens de frijol mungo mostraron mayor contenido de masa seca y fresca que los microgreens de cebolla puerro y lechuga. Estos resultado son muy similares a los reportados por (Martínez, 2011) quien menciona que la producción de biomasa dependerá de la especie y las características física, química y biológicas del sustrato dónde se lo cultive.

## Rendimiento biológico

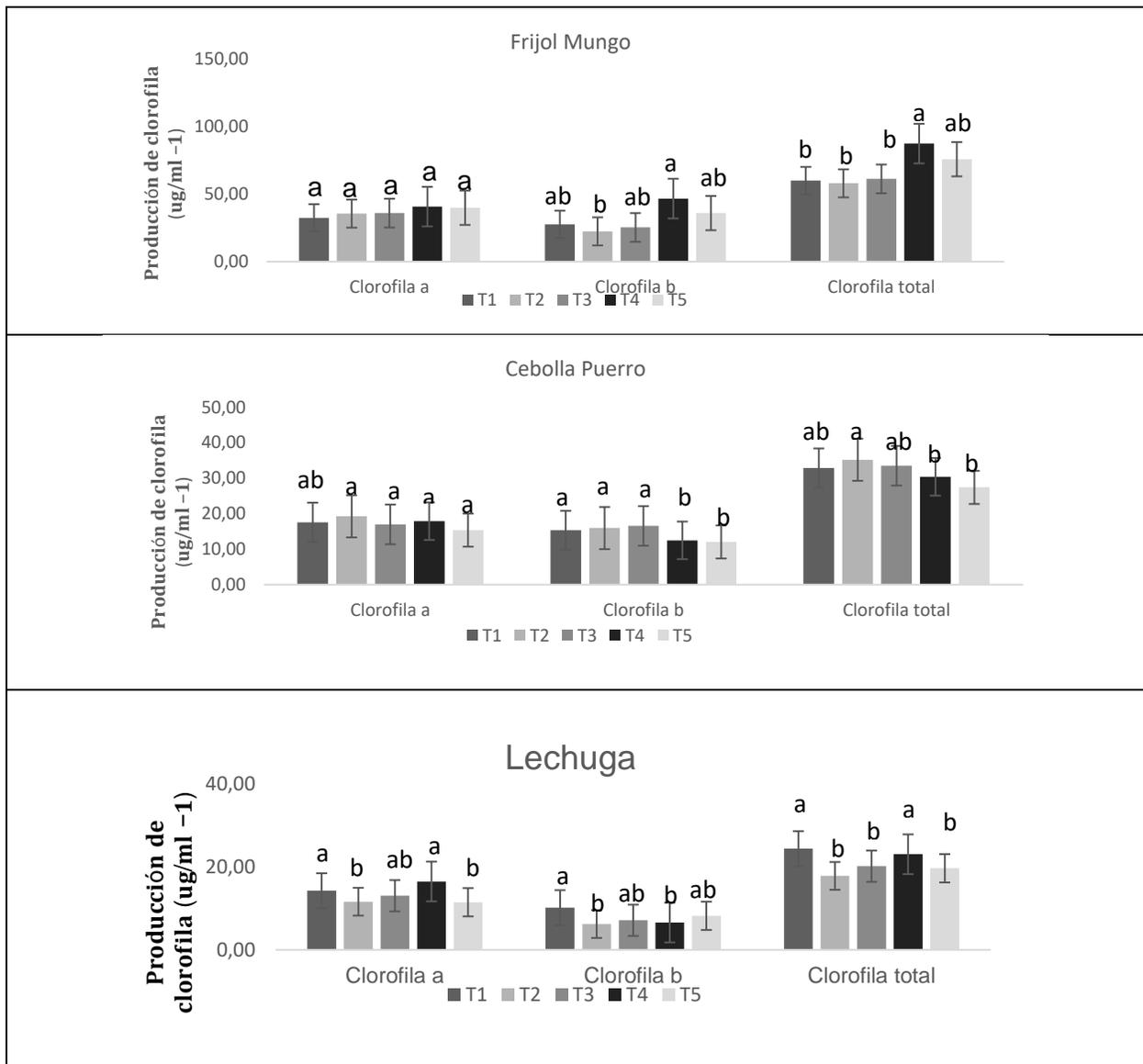
No se encontró diferencia significativa para la interacción especie \* sustrato ( $F_{8,45}=306.20$ ;  $P=<0.7524$ ). Los microgreens de lechuga mostraron mayor rendimiento biológico que los microgreens de cebolla puerro y frijol mungo (Villacis, 2018) recalca que la cantidad de nutrientes que existan en el sustrato y que estos puedan ser asimilado por las plantas dotaran

de una mayor producción de biomasa. Los resultados se asemejan al concepto de (Botero, 2017) quien menciona que el peso del área foliar al cosechar dependerá del tamaño de las semillas y la densidad de siembra de cada especie.

### Contenido de clorofila

**Figura 9**

*Contenido de clorofila*



Nota. T1= 100% Maíz, T2= 50% Maíz/50% fibra, T3= 25% Maíz/75%fibra, T4=75% Maíz /25%fibra, T5= 100% fibra. Los valores en la columna seguidos por una letra presentan diferencia significativa (P < 0.05 DUNCAN). Autoría propia.

Para la variable de contenido de clorofila se puede apreciar en la figura 9 los resultados obtenidos por cada una de las especies.

### **Clorofila A**

No se encontró diferencia significativa para la interacción especie \* sustrato ( $F_{8,45}=0.48$ ;  $P=0.8636$ ). Los microgreens de frijol mungo mostraron mayor contenido de clorofila A que los microgreens de cebolla puerro y lechuga.

### **Clorofila B**

No se encontró diferencia significativa para la interacción especie \* sustrato ( $F_{8,45}=1.97$ ;  $P=0.0728$ ). Los microgreens de frijol mungo mostraron mayor contenido de clorofila B que los microgreens de cebolla puerro y lechuga.

### **Clorofila total**

Se encontró diferencia significativa para la interacción especie \* sustrato ( $F_{8,45}=1.61$ ;  $P=<0.0001$ ). Los microgreens de frijol mungo y lechuga los mayores niveles de se encontraron en el sustrato 75% bagazo de maíz /25% fibra de coco. Mientras que el nivel más alto de clorofila en cebolla puerro se obtuvo en el sustrato 50% bagazo de maíz /50% fibra de coco. Los resultados obtenidos difieren a (Botero, 2017) quien recalca que la pigmentación (clorofila) y vigorosidad de los microgreens dependen de la calidad y cantidad de luz que reciban durante su periodo de desarrollo, la calidad comercial, higiénica, sanitaria y nutricional del microgreens se ve afectada por la luminosidad.

## **Características Fisicoquímicas de la mezcla de sustratos lignocelulósicos en la producción de microgreens de lechuga, frijol mungo y cebolla puerro**

### **Características físicas**

Las características físicas de la mezcla de los sustratos lignocelulósicos entre la fibra de coco y el bagazo como, pero si presentaron una diferencia significativa en la fuente de variación (especie) como se muestra en la densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de retención de humedad y granulometría de las diferentes mezclas.

**Tabla 4**

*Características físicas de los sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz, fibra de coco y sus combinaciones para la producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga*

Sustrato	DA (g/cm)	DR (g/cm)	PT (%)	CR H (%)	Granulometría (%)					
					>4mm	1.7- 4mm	0.6- 1.7mm	0.25- 0.6mm	0.18- 0.25mm	<0.18 mm
T1	0,03	0,12	74	38.4	43,2	35,2	16,72	3,52	0,52	0,84
T2	0,11	0,19	44	42.3	26,46	26,86	27,48	14,12	3,34	1,74
T3	0,13	0,24	46.5	51.2	15,16	17,86	34,14	28,24	3,5	1,1
T4	0,07	0,20	63.5	39.6	35,76	29,9	22,9	9,08	1,48	0,88
T5	0,15	0,17	13.5	46	1,2	17,58	47,94	28,54	3,44	1,3

*Nota.* T1=100% bagazo de maíz, T2=50% bagazo de maíz/50% fibra de coco, T3=25% bagazo de maíz/75% fibra de coco, T4=75% bagazo de maíz/25% fibra de coco, T5= 100% fibra de coco, DA= densidad aparente, DR= densidad real, PT= porosidad total y CRH= capacidad de retención de humedad. Autoría propia.

Para las propiedades físicas se puede apreciar en la tabla 4 los resultados obtenidos por cada uno de los sustratos.

Los valores de densidad aparente están entre (0.03-0.13), densidad real (0.12-0.24), porcentaje de poros (13.5-74), capacidad de retención de humedad (38.4-51.2), además se puede evidenciar que los sustratos que contienen bagazo de maíz en su textura la mayoría de las partículas son mayores a 4mm. Los resultados obtenidos tienen concordancia con (Soto, 2020) quien recalca que el bagazo de maíz al ser un sustrato de origen orgánico poseen características favorables para la producción de plántulas tales como buena retención de humedad y aireación.

### **Características químicas**

Para las propiedades químicas se puede apreciar en la tabla 5 los resultados obtenidos por cada uno de los sustratos. Las características químicas de la mezcla de los sustratos lignocelulósicos entre la fibra de coco y el bagazo como el (pH) potencial de hidrogeno y Conductividad eléctrica de las diferentes mezclas se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Características químicas (pH y CE) de los sustratos lignocelulósicos como bagazo de maíz, fibra de coco y sus combinaciones para la producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga*

<b>Sustratos</b>	<b>pH</b>	<b>CE ds*m<sup>-1</sup></b>
T1	7.4	0.237
T2	6.8	0.248
T3	7.3	0.126
T4	7.3	0.096
T5	7.2	0.178

*Nota.* T1=100% bagazo de maíz, T2=50% bagazo de maíz/50% fibra de coco, T3=25% bagazo de maíz/75% fibra de coco, T4=75% bagazo de maíz/25% fibra de coco, T5= 100% fibra de coco, pH= potencial de hidrogeno y CE= conductividad eléctrica. Autoría propia.

Las diferentes mezclas porcentuales de bagazo de maíz y fibra de coco presentaron características químicas muy similares a excepción de la mezcla 50 % bagazo de maíz/ 50 % fibra de coco que tiene 6.8 de pH y 0.248 de conductividad eléctrica. Este resultado está dentro del rango que (Martinez, 2011) considera ideal para la producción de plántulas, con una CE que va desde los 0.140 ms\*cm<sup>-1</sup> hasta los 0.250 ms\*cm<sup>-1</sup> y un pH que este entre 6-7. La dinámica y disponibilidad de nutrientes para las plantas están relacionados a estas dos propiedades químicas.

### **Contaminación del sustrato**

No se encontró la presencia de hongos patógenos de forma visual en los cultivos de microgreens, considerando tener un porcentaje de contaminación del 0.

### **Video ilustrativo de la producción de microgreen**

El video subido en la plataforma digital de You tube tiene 75 visualizaciones.

## Figura 10

Plataforma donde se subió el video como material ilustrativo



*Nota.* Esta figura muestra la plataforma digital y la cantidad de visitas del video. Tomado de Youtube 2023.

<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=gmail>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La mezcla de sustratos lignocelulósicos a base de bagazo de maíz y fibra de coco, se obtuvo los mejores resultados de producción con las mezclas de (50%bagazo de maíz / 50%fibra de coco) y (100% fibra de coco).
- Las variables agronómicas se vieron influenciadas por la interacción entre el sustrato y la especie a diferencia de las variables fisiológicas que solo se encuentran influenciadas por la especie más no por el sustrato.
- El bagazo de maíz al 100% no se considera una alternativa viable de producción de microgreens del frijol mungo, cebolla puerro y lechuga, ya que presento los valores más bajos de producción a diferencia del resto de tratamientos.
- Las mezclas de los sustratos presentaron características fisicoquímicas muy similares siendo ideal el sustrato (50%bagazo de maíz / 50%fibra de coco) con un pH y CE que están dentro del rango para la producción de plántulas.

#### Recomendaciones

- Para evitar posibles contaminaciones por agentes patógenos y obtener microgreens de calidad y sanos para el consumidor se recomienda seguir los protocolos de desinfección del sustrato y las semillas.
- Se recomienda la mezcla de bagazo de maíz y fibra de coco en partes iguales para tener una mejor producción de microgreens de frijol mungo, cebolla puerro y lechuga.
- Con la finalidad disminuir los costos de producción y reducir el impacto ambiental, se recomienda utilizar los residuos de cosecha del maíz para la producción de microgreens.

## Bibliografía

- Baracaldo, J. (2015). Efecto de la densidad de siembra y del aporque en la producción y calidad de la cebolla puerro (*Allium ampeloprasum* L. var. *porrum* J. Gay). & *Div. Cient*, 18(1), 101–108.  
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/458/1254?inline=1>
- Bárány, I., Berenguer, E., Solís, M. T., Pérez-Pérez, Y., Santamaría, M. E., Crespo, J. L., Risueño, M. C., Díaz, I., & Testillano, P. S. (2018). Autophagy is activated and involved in cell death with participation of cathepsins during stress-induced microspore embryogenesis in barley. *Journal of Experimental Botany*, 69(6), 1387–1402.  
<https://doi.org/10.1093/jxb/erx455>
- Botero, P. (2017). *Comparación de sustratos y densidades de siembra en microbrotes de mostaza roja (Brassica rapa nipposinica Bailey)* [Proyecto de grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano].  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ea61ec07-ba76-4313-be41-5c81d3e6a73a/content>
- Castellanos S., D. E., Rincón M., J. M., & Arguello A., H. (2015). Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 72-74. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3747>
- Chen, J. (22 de junio de 2022). *Principios básicos de los sustratos*. PROMIX  
<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos/>
- Córdova, M. (2009). *Estudio comparativo del crecimiento micelial del hongo (Pleurotus Ostreatus) en acicula* [Trabajo de grado, Universidad del Azuay].  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/580/1/07258.pdf>

- Crespo, E. (12 de mayo de 2012). *Beneficios de la fibra de coco como sustrato*. FERTILAB.  
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Beneficios%20de%20la%20fibra%20de%20coco%20como%20sustrato.pdf>
- Cruz Espinoza, C. R. (2021). *Evaluación de seis tipos de sustratos lignocelulósicos, como alternativas para la propagación del patrón de Rosa sp. variedad Natal Briar* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].  
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/25226/T-IASA%20I-005711.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., & Serio, F. (2017). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1212–1219. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7852>
- Elein, A. (2011). Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Scielo*. 8(2) 11-13  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362011000100003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362011000100003&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Faria, A. (2021). Profundidad de siembra y tamaño de las semillas: desarrollo de las plántulas de frijol Mungo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 13–24.  
<https://doi.org/10.22490/21456453.3833>
- García, M. (2000). Anatomía foliar comparada de cinco genotipos de frijol mungo, *Vigna radiata* (L.). *Revista de la Universidad de Zulia*, 8(2), 13-24.  
[https://www.revfacagronluz.org.ve/v16\\_6/v166z004.html](https://www.revfacagronluz.org.ve/v16_6/v166z004.html)
- Garzón, S. (2018). *Evaluación de tuza de maíz tostada como sustratos para la producción de plantas de lechuga (Lactuca sativa)* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27876/1/Tesis-193%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20572.pdf>

Google Earth. (2023). *Hacienda el Prado "IASA."*

[https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3856369,-](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3856369,-78.4189771,767m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x_8?hl=es&entry=ttu)

[78.4189771,767m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x\\_8?hl=es&entry=ttu](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3856369,-78.4189771,767m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x_8?hl=es&entry=ttu)

Martínez, P. (2011). *Sustratos para cultivo sin suelo* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Colombia].

[https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/3894/2011\\_Flori%  
c3%a1n-](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/3894/2011_Flori%c3%a1n-Mart%c3%adnez_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[Mart%  
c3%adnez\\_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/3894/2011_Flori%<br/>c3%a1n-Mart%<br/>c3%adnez_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Montero, G. (2014). Determinación de los principales componentes de la biomasa

ligonocelulósica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico. *Researchgate*.

[https://www.researchgate.net/publication/282365664\\_Determinacion\\_de\\_los\\_principales  
\\_componentes\\_de\\_la\\_biomasa\\_ligonocelulosica\\_celulosa\\_hemicelulosa\\_y\\_lignina\\_de\\_l  
a\\_paja\\_de\\_trigo\\_para\\_su\\_posterior\\_pretratamiento\\_biologico](https://www.researchgate.net/publication/282365664_Determinacion_de_los_principales_componentes_de_la_biomasa_ligonocelulosica_celulosa_hemicelulosa_y_lignina_de_la_paja_de_trigo_para_su_posterior_pretratamiento_biologico)

Morocho, V. (2017). *Uso de la cáscara de la mazorca de cacao como alternativa de sustrato para la germinación de semillas de hortalizas* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

[http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14520/T-IASA%20I-  
005389.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14520/T-IASA%20I-005389.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mussatto, S. (2006). Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa. *Researchgate*.

[https://www.researchgate.net/profile/Solange-](https://www.researchgate.net/profile/Solange-Mussatto/publication/271471784_Efecto_de_los_tratamientos_de_hidrolisis_acida_y_hidrolisis_alcalina_en_la_estructura_del_bagazo_de_malta_para_liberacion_de_fibras_de_celulosa/links/54c8b8a60cf238bb7d0e37d4/Efecto-de-los-tratamientos-de-hidrolisis-)

[Mussatto/publication/271471784\\_Efecto\\_de\\_los\\_tratamientos\\_de\\_hidrolisis\\_acida\\_y\\_hi  
drolisis\\_alcalina\\_en\\_la\\_estructura\\_del\\_bagazo\\_de\\_malta\\_para\\_liberacion\\_de\\_fibras\\_de  
\\_celulosa/links/54c8b8a60cf238bb7d0e37d4/Efecto-de-los-tratamientos-de-hidrolisis-](https://www.researchgate.net/profile/Solange-Mussatto/publication/271471784_Efecto_de_los_tratamientos_de_hidrolisis_acida_y_hidrolisis_alcalina_en_la_estructura_del_bagazo_de_malta_para_liberacion_de_fibras_de_celulosa/links/54c8b8a60cf238bb7d0e37d4/Efecto-de-los-tratamientos-de-hidrolisis-)

acida-y-hidrolisis-alcalina-en-la-estructura-del-bagazo-de-malta-para-liberacion-de-fibras-de-celulosa.pdf

Pacas, J. (2022). *Comparación de sustratos y densidades de siembra en microgreens de Brassica oleracea var. italica con aplicación de conejaza enriquecida* [Proyecto de grado, Universidad Central del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/28044/1/UCE-FAG-CIA-PACAS%20JORGE.pdf>

Pastor, N. (1999). *Utilización de sustratos en viveros*. [archivo PDF]

<https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>

Peláez, N. (2003). Fenología y evaluación de las estructuras reproductivas en dos cultivares de frijol mungo en dos localidades del estado de Portuguesa, Venezuela. *Scielo*.

[https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2003000100007&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2003000100007&script=sci_arttext)

Pérez, R. (2012). *Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad aparente ileal en porcinos del fijol mungo (Vigna radiata o Phaseolus aureus)* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10103/mariadelrocioperezrubio.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prado, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques*.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712012000300004#t1](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300004#t1)

Rivera, M. (2016). *Obtención de fibra dietética a partir de bagazo de Zea mayz I. "Caña de maíz" como ingrediente funcional por medios enzimáticos* [Trabajo de grado, Universidad Peruana Los Andes].

[https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/149/Magaly\\_Rivera\\_Luz\\_Carhuamaca\\_Tesis\\_Titulo\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/149/Magaly_Rivera_Luz_Carhuamaca_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ruilova, M. B., & Hernández, A. (2014). *Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo Pleurotus ostreatus*. Sobre derivados de caña de azúcar. 48(1), 54-59.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223131337008.pdf>
- Saha, B. C. (2003). Hemicellulose bioconversion. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30(5), 279–291. <https://doi.org/10.1007/s10295-003-0049-x>
- Soto, F. (2020). *Fertirrigación en cultivo sin suelo en invernadero* [Trabajo de investigación, Universidad de Costa Rica].  
<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86305/FERTIRIEGO%20EN%20CULTIVO%20SIN%20SUELO%20EN%20INVERNADERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sun, R., Tomkinson, J., Sun, X. F., & Wang, N. J. (12 de enero de 2000). *Fractional isolation and physico-chemical characterization of alkali-soluble lignins from fast-growing poplar wood*. ELSILVIER. [www.elsevier.nl/locate/polymer](http://www.elsevier.nl/locate/polymer)
- Tarira, Y. (2015). *Comportamiento agronómico del cultivo de cebolla puerro (Allium porrum L.) en cuatro densidades de siembra mediante el sistema organopónico, en la zona de Babahoyo* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1068/T-UTB-FACIAG-AGROP-000045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Varga, E., Szengyel, Z., & Réczey, K. (2002). Chemical pretreatments of corn stover for enhancing enzymatic digestibility. *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*, 98–100, 73–87.  
<https://doi.org/10.1385/ABAB:98-100:1-9:73>
- Villacis, B. (2018). *Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión* [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito].  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1991/1/103686.pdf>