

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**Título de la investigación:**

**USO DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA  
FORMULACIÓN DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN  
DE PLANTINES DE TOMATE, EN EL MUNICIPIO DE SAN  
VICENTE**

**PRESENTADO POR:**

Br. Carlos Antonio Castro Lucero

Br. Carolina del Rosario Castro Lucero

Br. Zuleyma de Mercedes Lovato Yanes

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

San Vicente, septiembre de 2017

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR: LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL: LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL**

**DECANA: LICDA. M. Sc. YOLANDA CLEOTILDE JOVEL PONCE**

**SECRETARIA: LICDA. M.Sc. ELIDA CONSUELO FIGUEROA DE FIGUEROA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

---

**Ing. Agr. M.Sc. René Francisco Vásquez**

**DOCENTES ASESORES:**

---

**Ing. Agroindustrial Katya Weil Sosa**

---

**Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez**

---

**Ing. Agr. M.Sc. René Francisco Vásquez**

**DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION**

---

**Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez**

## RESUMEN

La presente investigación se estableció bajo condiciones controladas en invernadero, evaluándose el uso de subproductos agroindustriales en la formulación de sustratos para la producción de plantines de tomate. El objetivo fue evaluar tres mezclas de sustratos: fibra de coco, cascarilla de arroz quemada y harina de pescado, comparándose con el sustrato comercial (testigo), en diferentes proporciones afín de determinar que tratamiento brinda mejores resultados referentes a porcentaje de germinación, cantidad de raíces, altura y diámetro del tallo. Realizándose el ensayo en un período de treinta días (octubre a noviembre de 2016). Usándose como modelo estadístico, diseño completamente al azar, con un total de 20 unidades experimentales que consistieron en bandejas plásticas con capacidad individual para 200 plantines, aplicando en cada una el sustrato correspondiente a su tratamiento.

A partir de los resultados obtenidos se establece que: a) en emergencia no hubo diferencia estadística entre tratamientos; b) en cantidad de raíces, los mejores tratamientos fueron  $T_2$  y  $T_3$  el primero con un valor de 10.17 raíces por plantín y el segundo con un valor 9.51 raíces; c) en altura, estadísticamente y según la prueba de Duncan, los mejores resultados fueron proporcionados por los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$ , presentando datos de 0.74 y 0.72 cm, respectivamente; d) en diámetro del tallo, el tratamiento  $T_2$  obtuvo el mayor valor con 0.1276 mm.

En el análisis económico todos los tratamientos formulados presentan un bajo costo en comparación con el sustrato comercial. Los mejores tratamientos fueron  $T_2$  \$1.15 y  $T_3$  \$1.14, teniendo valores de B/C de \$1.15 y \$1.14, en ese orden lo que determina que por cada 10 libras utilizadas por tratamiento.

**Palabras claves:** subproductos agroindustriales, sustrato, plantín, fibra de coco, cascarilla de arroz quemada, harina de pescado.

## ABSTRACT

The present research was established under controlled conditions in greenhouse, evaluating the use of agroindustrial byproducts in the formulation of substrates for the production of tomato plants. The objective was to evaluate three mixtures of substrates: coconut fiber, burned rice husk and fish meal, compared to the commercial substrate (witness), in different proportions to determine which treatment gives better results regarding percentage of germination, amount of Roots, height and Diameter of the stem. The test is carried out in a period of thirty days (October to November 2016). Using a statistical model, completely randomized design, with a total of 20 experimental units consisting of plastic trays with individual capacity for 200 seedlings, applying in each one the substrate corresponding to their treatment.

He results obtained implied: a) in emergency there was no statistical difference between treatments; B) in the number of roots, the best treatments were T2 and T3 the first with a value of 10.17 roots per plant and the second with value 9.51 roots; C) in height, statistically and according to Duncan's test, the best results were provided by T2 and T3 treatments, presenting data of 0.74 and 0.72 cm, respectively; D) in stem diameter, treatment T2 obtained the highest value with 0.1276 mm.

In the economic analysis all treatments have a lower cost compared to the commercial substrate. The best treatments were T2 and T3, having B / C values of \$ 1.15 and \$ 1.14, in that order.

Key words: agroindustrial byproducts, substrate, plant, coconut fiber, burned rice husk, fish meal.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS TODO PODEROSO** por su presencia en las diferentes etapas de mi vida, por darme la sabiduría necesaria y permitir el haber llegado hasta este momento de mi formación profesional, a pesar de las adversidades, brindándome fortaleza para seguir adelante.

**A MIS PADRES** Cristóbal Antonio Castro y María Bernarda Lucero; por estar siempre conmigo, por su sacrificio y dedicación a lo largo de mi carrera, por su comprensión, paciencia y amor.

**A MI FAMILIA** mi compañera de vida, Claudia Patricia Bonilla y mis hijos, Lucero Abigail Castro Bonilla y Welman Gabriel Castro Bonilla; por estar siempre ahí brindándome su amor y apoyo.

**A MIS HERMANOS** por su incondicional apoyo. En especial a mi hermano Welman Cristóbal Castro Lucero; por creer en mi persona.

**MIS DOCENTES ASESORES DE TESIS** Ing. Agroindustrial Katya Weil Sosa, Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez, Ing. Agr. MSc. René Francisco Vásquez, por el apoyo y orientación que me han brindado durante todo el desarrollo de la investigación.

Mis más sinceros agradecimientos al Lic. Nelsus Armando López Turcios, Ing. Agr. MSc. José Isidro Vargas Cañas e Ing. Agroindustrial. Rafael Arturo Rodríguez; quienes de una manera profesional y amable compartieron sus conocimientos en el proceso de la presente investigación.

**A MIS COMPAÑERAS DE TESIS** Por todo el tiempo compartido a lo largo de la carrera, por su actitud, comprensión y paciencia para superar tantos momentos difíciles.

**Carlos Antonio Castro Lucero**

“Cuando se nos otorga la enseñanza se debe percibir como un valioso regalo y no como una dura tarea, aquí está la diferencia de lo trascendente”

Este trabajo es uno de los logros más importantes de mi vida, y lo ofrezco:

**A Dios y María** por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

**A mis padres** Cristóbal Antonio Castro y María Bernarda Lucero; por su amor y su apoyo incondicional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

**A mis hermanos** por su amor incondicional a lo largo de mi carrera brindándome confianza para lograr mi ideal. En especial a mi hermano Welman Cristóbal Castro Lucero; por su apoyo durante mi formación profesional.

**A mi novio** Miguel Leiva guzmán, gracias por tu amor y comprensión a lo largo de mi carrera profesional.

**A mis asesores de tesis** de manera muy especial mis agradecimiento más sinceros; Ing. Agroindustrial Katya Weil Sosa, Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez, Ing. Agr MSc. René Francisco Vásquez; quienes con mucha voluntad, paciencia y dedicación, nos brindaron no solo sus conocimientos, sino su valioso tiempo durante todo el desarrollo de la investigación.

Y de una manera particular al Lic. Nelsus Armando López Turcios, Ing. Agr. MSc. José Isidro Vargas Cañas por compartir su valioso conocimiento a lo largo de mi carrera profesional.

**A mis compañeros de tesis** gracias por ser una pieza fundamental en la construcción del trabajo de investigación.

**Carolina del Rosario Castro Lucero**

**A Dios** todo poderoso por darme la sabiduría y guiarme a lo largo de toda mi vida y mi carrera, por todo el amor que me regala desde hoy y siempre.

**A mi mamá** Lezly Julieta Yanes que con sacrificio me dio todo su apoyo, por estar siempre a mi lado, por todo su esfuerzo y valentía.

**A mis hermanos** y especialmente mi hermano Elvin (Q.E.D) quien a pesar de su discapacidad siempre fue mi motor para luchar por mi carrera, mi fuerza para seguir adelante, la luz de mi camino, el que me regalaba una sonrisa cuando yo no encontraba la respuesta, quien me dio todo su amor.

**A mi tío** Orlando Yanes por todo el apoyo brindado y por todo el aprecio.

**A mis compañeros de tesis** por darme la oportunidad de formar parte de su grupo para alcanzar esta meta, por todo el tiempo compartido.

**A los señores Edwin, Luis y Máximo Estrada** por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, por todo el cariño y afecto, por estar siempre pendientes y dispuestos a ayudarme en todo cuanto fuere necesario para culminar con dicha investigación.

**A mis asesores de tesis:** Ing. Agroindustrial Katya Weil Sosa, Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez, Ing. Agr MSc. René Francisco Vásquez; por su paciencia y dedicación, por estar siempre dispuestos a ayudarnos en todo lo referente a dicha investigación y de manera particular al Lic. Nelsus Armando López Turcios, Ing. Agr. MSc. José Isidro Vargas Cañas por compartir parte de su tiempo y todo el apoyo brindado.

**A todos los amigos y familiares** por todo el apoyo brindado.

**Zuleyma de Mercedes Lovato Yanes**



## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1. Sustrato .....	2
2.2. Importancia de los sustratos .....	2
2.3. Función del sustrato.....	3
2.4. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos .....	3
2.4.1. Propiedades físicas.....	3
2.4.1.1. Granulometría .....	3
2.4.1.2. Estabilidad de la materia orgánica .....	3
2.4.1.3. Densidad aparente (Da).....	4
2.4.1.4. Densidad real (Dr).....	4
2.4.1.5. Porosidad.....	4
2.4.1.6. Capacidad del contenedor (Cc).....	5
2.4.1.7. Agua total disponible de un sustrato .....	5
2.4.2. Propiedades químicas.....	6
2.4.2.1. Potencial de hidrogeno (pH).....	6
2.4.2.2. Disponibilidad de nutrientes .....	6
2.4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	7
2.4.2.6. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	8
2.4.3. Propiedades biológicas.....	8
2.5. Clasificación de los sustratos.....	9
2.5.1. Materiales inorgánicos o minerales .....	9
2.5.2. Transformados o tratados .....	9
2.5.3. Sustratos químicamente activos .....	9
2.5.4. Materiales orgánicos.....	9
2.6. Subproductos como materias primas en la elaboración de sustrato en estudio .....	10

2.6.1.1. Componentes y características de la fibra de coco .....	10
2.6.1.2. Ventajas del sustrato la fibra de coco.....	10
2.6.1.3. Usos de la fibra de coco.....	10
2.6.1.4. Propiedades químicas y físicas del sustrato fibra de coco.....	11
2.6.1.5. Proceso de obtención de fibra de coco .....	11
2.6.1.6. Producción de fibra de coco en El Salvador .....	12
2.6.2. Cascarilla de arroz quemada .....	12
2.6.2.2. Ventajas del sustrato de cascarilla de arroz quemada .....	13
2.6.2.3. Usos de la cascarilla de arroz .....	13
2.6.2.4. Propiedades químicas y físicas del sustrato cascarilla de arroz. ....	13
2.6.2.5. Proceso para la obtención Cascarilla de arroz quemada .....	13
2.6.2.6. Producción de cascarilla de arroz .....	14
2.6.3. Harina de pescado.....	15
2.6.3.1. Importancia de la harina de pescado .....	15
2.6.3.2. Usos de la harina de pescado.....	15
2.6.3.3. Características de la harina de pescado .....	15
2.6.3.4. Proceso para la obtención de harina de pescado.....	16
2.6.3.5. Producción de descartes pesqueros en El Salvador .....	17
2.7.1. Clasificación de las turbas .....	17
2.7.2. Usos de las turbas .....	17
2.7.3. Propiedades físicas y químicas de las turbas.....	17
2.8. Características de un sustrato ideal .....	18
2.9. Cultivo de plantines para invernadero .....	18
2.9.1. Sustratos.....	18
2.9.2. Germinación y algunos factores coadyuvantes .....	19
2.9.2.1. Condiciones internas (intrínsecas) en la germinación .....	19
2.9.2.2. Condiciones externos (extrínsecas) en la germinación .....	19
2.9.3. Principales productos para la desinfección de sustrato y semillas.....	20
2.9.3.1. Trichoderma ssp .....	20
2.9.3.2. Micorrizas .....	20
2.9.4. Clasificación taxonómica.....	21
2.9.5. Variedades a utilizar de tomate.....	21
2.10. Estudios realizados con el uso de subproductos en la formulación de sustratos.....	22
2.11. Nuevas tecnologías en la producción de hortalizas en El Salvador, principalmente en el cultivo de tomate.....	22

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1.2. Condiciones climáticas.....	24
3.1.3. Condiciones edáficas.....	24
(Google Earth 2016) .....	24
3.2.1.2. Descripción de subproductos utilizados en la elaboración de sustratos .....	25
3.2.2. Fase II: Metodología estadística.....	29
3.2.2.2. Diseño estadístico.....	29
3.2.2.4. Elaboración de mezclas por Tratamientos .....	30
3.2.2.6. Modelo matemático.....	31
3.2.2.7. Análisis de varianza .....	31
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1. Porcentaje de germinación .....	32
4.3. Diámetro del tallo .....	34
4.4. Cantidad de raíces.....	36
4.5. Análisis económico .....	37
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. LITERATURA CITADA .....	42
ANEXO .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades químicas y físicas del sustrato fibra de coco.....	11
Tabla 2. Propiedades físico- químicas del sustrato cascarilla de arroz.....	14
Tabla 3. Propiedades químicas y físicas de las turbas.....	18
Tabla 4. Características de tomate Toliman F1.....	21
Tabla 5. Características de tomate Torreón F1.....	21
Tabla 6. Proporciones y subproductos utilizados en los diferentes tratamientos.....	30
Tabla 7. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación.....	32
Tabla 8. Análisis de varianza para altura de la planta.....	36
Tabla 9. Método de regresión lineal para altura de la planta.....	37
Tabla 10. Prueba de media para altura de la planta.....	33
Tabla 11 Análisis de varianza para diámetro del tallo.....	33
Tabla 12. Método de regresión lineal para diámetro del tallo.....	34
Tabla 13. Prueba de media para diámetro del tallo.....	35
Tabla 14. Análisis de varianza para cantidad de raíces.....	35
Tabla 15. Prueba de media para cantidad de raíces.....	35
Tabla 16. Costos comunes de los materiales utilizados en el ensayo.....	38
Tabla 17. Costos totales de los tratamientos en estudio.....	38
Tabla 18. Relación B/C de los tratamientos.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del procesamiento para la obtención de fibra de coco .....	12
Figura 2. Diagrama de proceso de la cascarilla de arroz quemada.....	14
Figura 3. Diagrama para el proceso de harina de pescado.....	16
Figura 4. Vista del semillero parte frontal.....	27
Figura 5. Estructura del entarimado.....	27
Figura 6. Llenado de bandejas .....	29
Figura 7. Siembra de semilla .....	29
Figura 8. Esquema de distribución de los diferentes tratamientos dentro del invernadero	30
Figura 9. Porcentaje de germinación para plantines de tomate en los tratamientos.....	32
Figura 10. Altura para los plantines de tomate en los tratamientos .....	37
Figura 11. Diámetro del tallo para los plantines de tomate en los tratamientos .....	34
Figura 12. Cantidad de raíces para plantines de tomate en los tratamientos .....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Figura A- 1 prueba de germinación.....	55
Figura A- 2. Recolección e identificación de los diferentes subproductos agroindustriales .....	56
Figura A- 3. Pesado y auto clavado de los subproductos agroindustriales.....	57
Figura A- 4. Pesado de las diferentes mezclas de los tratamientos para realizar análisis físico químico.....	58
Figura A- 5. Desinfección de bandejas y preparación del sustrato.....	59
Figura A- 6. Llenado de bandejas y siembra de la semilla de tomate.....	60
Figura A- 7. Análisis de las propiedades físicas de los sustratos .....	61
Figura A- 8. Toma de datos para germinación, altura de la planta y diámetro del tallo para la semana uno, dos y tres.....	62
Figura A- 9. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T <sub>1</sub> .....	63
Figura A- 10. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T <sub>2</sub> .....	64
Figura A- 11. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T <sub>3</sub> .....	65
Figura A- 12. Toma de datos para altura de la planta, diámetro del tallo y cantidad de raíces para la cuarta semana.....	66

## I. INTRODUCCION

En El Salvador, la agricultura es el rubro más importante en la economía de los agricultores; debido a esto se buscan alternativas que ayuden a reforzar su progreso. En nuestro país se cultivan a menor escala las hortalizas por el poco conocimiento que tienen los agricultores en el manejo de nuevas técnicas de producción, que generan mejores resultados. Hoy en día, el uso de sustratos comerciales en la germinación de plantines hortícolas, es una práctica muy significativa en lo que a su valor económico se refiere, ya que estos han elevado su precio en el mercado.

La importancia de elaborar un sustrato desde el punto de vista de su funcionabilidad en relación con el proceso de desarrollo inicial de la planta, es proporcionar los nutrientes necesarios y soporte físico para las diferentes variables en estudio, lo cual puede contribuir a la intensificación de la producción hortícola, ya sea a campo libre o a nivel de invernadero, el cual proveerá altos rendimientos en la cosecha, incluso en áreas con condiciones cada vez más adversas.

Según (CENTA, 2011). La producción de plantines de hortalizas en bandejas utilizando sustratos comerciales representa una limitante debido al alto costo en el mercado; por lo que se deben buscar alternativas viables que ayuden a solventar esta situación.

En el presente trabajo se evaluaron diferentes tratamientos en búsqueda de una mejor alternativa de sustrato para la producción de plantines de tomate, y con esto fomentar el uso de residuos agroindustriales que en su mayoría son procedentes de empresas agroindustriales en el país; las cuales generan estos subproductos o residuos, que al no ser reciclados o procesados apropiadamente, causan problemas ambientales, para lo cual se formuló una mezcla de sustrato, utilizando como materias primas: fibra de coco, cascarilla de arroz quemada y harina de pescado. Por tanto, el planteamiento del problema busca el aprovechamiento de los subproductos agroindustriales propuestos, generando por lo consiguiente un valor agregado que contribuirá a un beneficio económico local.

## II. MARCO TEÓRICO

Para sustentar la presente investigación se vuelve necesario plantear algunos elementos teóricos que le den soporte y relevancia a la parte metodológica, a la fase de experimentación y análisis de resultados.

### 2.1. Sustrato

Es todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo, que colocado en un contenedor, puro o en forma de mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto un papel de soporte para la planta (Barbado, 2005), favorece el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Calderón 2006).

### 2.2. Importancia de los sustratos

Durante muchos años la actividad agrícola se ha caracterizado por un marcado dinamismo científico y tecnológico, impulsado por la necesidad de mejorar los rendimientos y utilizar eficientemente los recursos disponibles. Unido a estos cambios tecnológicos, se ha producido una importante sustitución del cultivo tradicional en pleno suelo por el cultivo en sustratos. Las principales razones de esta sustitución han sido: a) necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro y b) presencia cada vez mayor de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en suelo natural, particularmente salinidad, enfermedades y agotamiento del recurso entre otros (Abad, 1993).

Adicionalmente el desarrollo de la industria y el auge de los cultivos sin suelo han generado una creciente necesidad de investigación en sustratos agrícolas que buscan satisfacer la demanda por plantines más precoces y productivos (Calderón 2004), en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, época, sistema de propagación, precio, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 1998), el cultivo de plantines en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en suelo. Así cuando se usan contenedores el volumen del medio de cultivo del cual la planta debe absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, es limitado y significativamente menor que el volumen disponible para las plantas que crecen en campo abierto (Acosta y Durán *et al*, 2005).



### **2.3. Función del sustrato**

El sustrato utilizado en la producción de plántulas tiene cuatro funciones importantes: 1) proveer el agua suficiente a la semilla y posteriormente a la plántula; 2) suministrar los nutrimentos necesarios para el buen desarrollo y crecimiento de la plántula; 3) permitir el buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato; y 4) servir como soporte físico a la plántula (Rodríguez et al., 2010).

### **2.4. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos**

#### **2.4.1. Propiedades físicas**

Las características físicas de los sustratos son de mayor importancia para el normal desarrollo de la planta, pues determinan la disponibilidad de oxígeno, la movilidad del agua y la facilidad para la penetración de la raíz, un aspecto que se debe tener en consideración al referirse a las características físicas de un sustrato, es la imposibilidad de modificar alguna de estas propiedades posteriormente a la colocación de la planta dentro del contenedor (Florian, 1997).

##### **2.4.1.1. Granulometría**

Es la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La forma de la gran mayoría de las partículas de los sustratos no es esférica ni presenta un tamaño único, por lo que en la práctica la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula y viceversa (Díaz, 2004).

La granulometría del sustrato debe ser de mediana a gruesa, con tamaños de 0.25 a 2.6 mm, que produzcan poros de 30 a 300  $\mu\text{m}$ , permitiendo una buena aireación y retención de agua. También es importante que el tamaño de las partículas sea estable en el tiempo. La distribución del tamaño de las partículas de los sustratos se expresa frecuentemente como único parámetro: el índice de grosor. Este índice se define como el porcentaje acumulado (en peso o en volumen) de partículas con diámetro superior a 1mm y suele estar correlacionado con las características hidrofísicas del sustrato (Aguilar, 2002).

##### **2.4.1.2. Estabilidad de la materia orgánica**

La descomposición de la materia orgánica en el sustrato debe ser mínima, ya que puede producir una textura más fina y una baja aireación. Dentro del contenedor, el volumen del

sustrato es pequeño para el crecimiento de las raíces y cualquier reducción significativa es perjudicial para el normal desarrollo de las plantas (Pastor, 2000).

#### **2.4.1.3. Densidad aparente ( $D_a$ )**

Se define como la relación entre la masa del material sólido seco por unidad de volumen y se expresa como  $g/cm^3$ . La densidad aparente juega un papel vital sobre la porosidad, ya que junto con la densidad real del material se usan como parámetros para calcular la porosidad. Este parámetro también juega un papel en los costos de transporte y manejo de sustrato, ya que un material de muy baja densidad cuesta mucho su transporte y debe ser compactado hasta el punto en que pueda recuperar sus características originales. Este parámetro puede ser determinado a nivel de laboratorio (Cadahia, 2005).

#### **2.4.1.4. Densidad real ( $D_r$ )**

Es el peso del sustrato entre el volumen que realmente ocupa, es decir el peso del sustrato sin tomar en cuenta el volumen de poros que existe dentro y entre las partículas del sustrato y entre el sustrato y las paredes del contenedor. Se determina por método de picnometría, desplazando el aire del sustrato con agua (Teres, 2001).

#### **2.4.1.5. Porosidad**

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción (Burés, 1997) su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado (Ansorena, 1994).

Nuez, (2001); establece que la porosidad total incluye la capacidad de aireación total de poros existentes en un sustrato los cuales se dividen entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño ( $< 30$  micrómetros), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño ( $> 30 \mu m$ ), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato. Conociendo la densidad aparente y la densidad real del medio se puede determinar utilizando la fórmula:

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100 \text{ Dónde:}$$

Pt: Porosidad total

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

#### **2.4.1.6. Capacidad del contenedor (Cc)**

Es el porcentaje con base a volumen de un sustrato o componente que se llena con agua después de que el sustrato se satura y se le permite drenar. Esta es la máxima cantidad de agua (o capacidad) que el sustrato puede retener. El drenaje ésta influenciada por la altura del contenedor. Entre más alto el contenedor, el drenaje es mayor y tendrá menos capacidad de retener agua (Holcomb, 1994). La cantidad de agua retenida por el sustrato a 1kPa de tensión corresponde a la capacidad de contenedor después de drenaje libre, el valor de la capacidad del contenedor va asociado siempre con el espesor del sustrato, dada la influencia que éste tiene sobre el volumen de agua retenida, por ello se habla de humedad media, ya que el contenido de agua aumenta hacia la base del contenedor (Florian, 2002).

#### **2.4.1.7. Agua total disponible de un sustrato**

Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado y dejado drenar a 10 cm de succión, y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de agua. La razón de usar este rango entre 10 a 50 cm de carga, se debe a que la tensión matricial que ocurre con 10 cm de carga de agua permite suministrar suficiente aireación para satisfacer la actividad metabólica de la raíz, y por otro lado a una tensión matricial de más de 50 cm de carga de agua puede afectar el desarrollo de la planta por falta de agua (Castellanos y Vargas, 2008).

#### **2.4.1.8. Agua de reserva (AR)**

Es la cantidad de agua en volumen, que libera un sustrato al pasar de una tensión de 50 a 100 cm de carga de agua, es decir, es el agua que queda retenida en el sustrato con mayor fuerza fácilmente disponible, sin embargo, la planta puede hacer uso de ella en periodos más prolongados de tiempo y sirve como su nombre lo indica, de reserva el nivel óptimo se sitúa de 4 a 10% en volumen (Castellanos y Vargas, 2008).

## **2.4.2. Propiedades químicas**

Fernández *et al.* (1998). Define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes, posiblemente por reacciones de distinta naturaleza tanto químicas, físico-químicas y bioquímicas presentes en el medio de cultivo.

### **2.4.2.1. Potencial de hidrogeno (pH)**

Corresponde a la medida de concentración de la acidez en la solución del sustrato y tiene la capacidad de controlar la disponibilidad de todos los nutrientes. El pH del sustrato depende de la especie que se está cultivando, la mayoría de las especies crecen bien en pH ligeramente ácido entre 6,2 a 6,8. Con valores inferiores a 5 pueden aparecer deficiencias de N, K, Ca, Mg y B. Con valores superiores a 6, se producen problemas en la disponibilidad de Fe, P, Zn, Mn y Cu (Abad, 1993).

### **2.4.2.2. Disponibilidad de nutrientes**

Los sustratos orgánicos difieren marcadamente entre sí en sus contenidos de nutrientes asimilables; así, algunos (turba, rubia, fibra de coco, etc.) poseen un nivel reducido de nutrientes asimilables, mientras que otros, presentan niveles elevados, dependiendo de dicho nivel y origen del material (Cadahia, 2005).

### **2.4.2.3. Principales elementos que debe contener un sustrato**

a) Nitrógeno (N). Éste elemento es demandado en grandes cantidades por las plantas y es uno de los que limita su crecimiento. Es absorbido primordialmente por las raíces. Es necesario en la síntesis de aminoácidos, proteínas, clorofila, entre otros componentes que se encuentran en las membranas celulares. Su función principal es incitar el crecimiento y regular la cantidad de hormonas en la planta (Garnica *et al.*, 2009).

b) Fósforo (P). Nutriente es esencial para el crecimiento de las plantas. No existe ningún otro nutriente que pueda sustituirlo. Su función principal; es ayudar a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente, aumenta la eficiencia del uso del agua, acelera la madurez, lo cual es importante para la cosecha y para la calidad del cultivo, contribuye a aumentar la resistencia a las enfermedades en algunas plantas, es indispensable para la transferencia de energía en células vivas, y en la fotosíntesis de las plantas (Alcantar y Trejo 2007).

c) Potasio (K). Participa en la formación de almidón y proteínas; activador de algunas enzimas esenciales en la fotosíntesis y en la respiración de las plantas, juega un papel importante en la regulación del potencial osmótico de las células controlando la apertura y cierre de estomas ubicados en las hojas (Marschner, 2002).

d) Magnesio (Mg). Es acumulado en la planta en menores cantidades que el calcio y potasio, pero similares a las de fósforo. Participa en forma significativa en la regulación del pH celular y en la regulación anión-catión. Su principal función es constituir la molécula de clorofila (Alcantar y Trejo 2007).

e) Calcio (Ca). Es un elemento importante en la división celular, en la estabilidad de la membrana y la pared celular, participa notablemente en el equilibrio electrostático. Éste elemento activa la elongación y multiplicación celular de los tejidos meristemáticos; el calcio desempeña especialmente funciones estructurales (Marschner, 2002).

#### **2.4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Es la suma de cationes que pueden ser absorbidos por unidad de peso o de volumen del sustrato. Estos cationes quedan retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para las plantas. También concluye que el valor óptimo de los sustratos dependerá de la frecuencia del fertirriego que se maneje. Si la fertirrigación es permanente, la CIC de los materiales no representa ninguna ventaja, recomendándose mejor el uso de materiales inertes con nula o muy baja CIC. En cambio, su fertirrigación es intermitente, será mejor la utilización de materiales con moderada o alta CIC, en todo caso superior a los 20 meq/100g (Abad, 1993).

#### **2.4.2.5. Conductividad eléctrica (C.E.)**

Es la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato y que no están absorbidas por el complejo de intercambio del mismo. El valor de la C.E. constituye un buen indicador de la salinidad de un sustrato y depende de la concentración de iones en la disolución, además de la temperatura, no influyendo en ella la urea ni otros compuestos orgánicos que no se ionizan (Lemaire, 2005).

#### **2.4.2.6. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)**

Para Abad (1998) y Martínez (2002), relaciones C/N inferiores a 20% son consideradas como óptimas para el cultivo en sustrato. Sin embargo, Alarcón y Urrestarazu (2006) indican que relaciones C/N inferiores a 80 %, son propias de materiales jóvenes, que no han alcanzado un estado de madurez y equilibrio bioquímico para garantizar propiedades estables, señalando que la fibra de coco presenta una relación C/N de 100 %, por lo que presenta una mayor durabilidad y resistencia a la degradación microbiana. La formación de coloides orgánicos ayudan a prevenir el lavado de nutrientes y así incrementar la Capacidad de intercambio catiónico del sustrato Cadahia (2005).

#### **2.4.3. Propiedades biológicas**

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando estos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Bures, 1999).

Entre las características biológicas se encuentran:

a) Velocidad de descomposición. Todos los sustratos orgánicos son susceptibles de descomposición biológica, que además se ve favorecida por las condiciones ambientales que se dan en los invernaderos. Esta degradación microbiana puede finalizar en deficiencias de oxígeno y nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Por tanto es importante tomar precauciones para minimizar los efectos de la descomposición sobre las plantas. La velocidad de descomposición está condicionada por la disponibilidad de elementos biodegradables, como carbohidratos, ácidos grasos o proteínas, por lo que ésta puede reducirse por medio del compostaje o manteniendo niveles suficientes de nitrógeno asimilable (Bautista, *et al*, 2006). b) Efectos de los productos de descomposición. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción (Bautista, *et al*, 2006). c) Actividad reguladora del crecimiento. Se ha observado la presencia de sustancias auxínicas en extractos de materiales orgánicos utilizados como sustratos de cultivo. Esta actividad se ha atribuido a un efecto sinérgico entre las auxinas naturales exógenas y los compuestos fenólicos presentes en los sustratos como consecuencia de la degradación de compuestos orgánicos como la lignina (Bautista, *et al*, 2006).

## **2.5. Clasificación de los sustratos**

Los criterios para clasificar los sustratos, se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación y otras. Sin embargo, la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad y noruega, 2000).

### **2.5.1. Materiales inorgánicos o minerales**

Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, y se modifican muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica) (Barbado, 2005).

Algunos como la piedra volcánica generalmente ya se encuentra desmenuzada, su característica responde a todos los requisitos siendo, el material más común utilizado entre los sustratos agrícolas. Es un material parcialmente inerte, cuando se utiliza por primera vez, tiende a absorber los elementos nutritivos en especial el fósforo (Shany, 2004).

### **2.5.2. Transformados o tratados**

A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos más o menos complejos que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida) (Urrestarazu, 2004).

### **2.5.3. Sustratos químicamente activos**

Estos se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica, algunos tratados industrialmente como lo son: Turbas rubias y negras, vermiculita. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos, según las exigencias de la planta. La diferencia entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato (Urrestarazu, 2004).

### **2.5.4. Materiales orgánicos**

Pueden ser de origen natural, residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. Estos se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica como las turbas, estos materiales pueden ser empleados en horticultura como sustratos de cultivo, resultando ser muy efectivos porque contribuyen a reducir el impacto ambiental que ocasiona el efecto de muchos de estos materiales, además porque permiten el reciclado y la

recuperación de la materia orgánica y elementos fertilizantes que se puedan encontrar en estos residuos (Shany, 2004), en plantines de tomate desde hace varios años se ha puesto en práctica el uso de diversos materiales orgánicos residuales, frescos o compostados en forma pura o en mezcla, tal es el caso de la cascarilla de arroz, estiércoles, corteza de árboles, aserrín entre otros (Nuez, 1995).

## **2.6. Subproductos como materias primas en la elaboración de sustrato en estudio**

Existen diversos materiales que pueden utilizarse como sustratos, en forma pura o en mezcla. A continuación se describen algunos de ellos.

### **2.6.1. Fibra de coco**

El sustrato de fibra de coco se origina del desfibramiento industrial del mesocarpo de las cáscaras de coco, obteniéndose un sustrato de estructura granular homogénea, con alta porosidad total posee elevada capacidad de aireación y retención de agua, baja densidad aparente, pH entre 5,5 y 6,5 y estructura física altamente estable (Paulitz, 2001).

#### **2.6.1.1. Componentes y características de la fibra de coco**

Sus principales componentes son: la celulosa y la lignina. Esta última, provee la resistencia y rigidez a la fibra. Se encuentra dentro de la categoría de fibras fuertes igual que el henequén, pita, agave y abacá. Estas características, hacen que la fibra de coco sea un material versátil que puede ser utilizado en cuerdas, colchones, alfombras, entre otros (Quintanilla, 2010).

#### **2.6.1.2. Ventajas del sustrato la fibra de coco**

Es un subproducto natural y orgánico procedente del coco, no contamina ni consume energía, tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua, posee un pH estable, entre 5,5 y 6,5, ofrece una rápida respuesta cuando se pretende corregir una carencia mineral, se rehidrata fácilmente, por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida, retiene nutrientes con gran facilidad, y los libera de forma progresiva (capacidad de intercambio catiónico) (Paulitz, 2001).

#### **2.6.1.3. Usos de la fibra de coco**

Es excelente para el desarrollo radicular de las plantas; es posible plantar directamente sin necesidad de emplear tratamientos o agentes especiales para la siembra de plantines de tomate. A diferencia de otros tipos de medio de cultivo, la fibra de coco mantiene una



elevada capacidad de aireación incluso cuando está completamente saturada, también se puede aprovechar como fertilizante, ya que compensa la pérdida de elementos mayores, particularmente potasio, así como materia orgánica. Finalmente, como agro textil es conocido por sus beneficios para el cultivo de hortalizas y otras especies (Hartmann, 1987).

#### **2.6.1.4. Propiedades químicas y físicas del sustrato fibra de coco**

La fibra de coco es una materia prima para elaborar sustratos alternativos a los tradicionales; destaca por su elevada estabilidad y su capacidad de retención de agua, así como una buena aireación, pH ligeramente ácido, los niveles de algunos nutrientes asimilables son muy bajos, particularmente nitrógeno, calcio y magnesio, mientras que fósforo y potasio son elevados, al igual que sodio y cloruros (por provenir en su mayoría de zonas costeras). A pesar de ser un material orgánico, su descomposición es muy lento debido a su elevado contenido de lignina, lo cual se traduce en una relación C/N alta, permitiéndole al sustrato mantenerse químicamente estable (Tabla 1) (Mora, 1999).

#### **2.6.1.5. Proceso de obtención de fibra de coco**

Al obtener el coco con cáscara verde o seco, el primer paso es el pelado o descascarado, luego estas cáscaras son pasadas por un proceso de extracción de sus fibras, en la operación llamada molienda, las cuales serán filtradas y embaladas para su posterior procesamiento, es decir, que la fibra es el primer producto de la estopa que no requiere de un proceso tan minucioso para disminuir su tamaño, ya que solo requiere su separación (Quintanilla, 2010). El diagrama del procesamiento para la obtención de fibra de coco puede apreciarse en la figura 1.

Tabla 1. Propiedades químicas y físicas del sustrato fibra de coco

Valor del pH	5,5 a 6,5
Capacidad de Aireación	50.2% vol.
Agua de reserva	2.9 %vol.
Agua total disponible	24.5%vol
Densidad	294 Kg./m <sup>3</sup>
Conductividad C.E.	1.2 µmhos/cm <sup>2</sup>
Nitrógeno	0.51%
Fósforo	0.20%
Potasio	0.60%
Sodio	0.187

Fuente: (Mora, 1999)

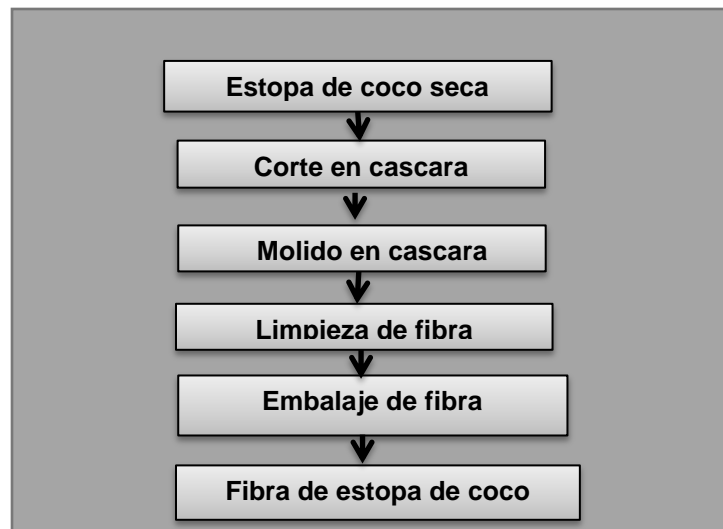


Figura 1. Diagrama del procesamiento para la obtención de fibra de coco

#### **2.6.1.6. Producción de fibra de coco en El Salvador**

Se genera un total de 14,707.46 Tn /año, con un precio de mercado estimado de \$170 por tonelada, pueden obtenerse ingresos anuales de \$2, 500,268.2. Con el dato de la fibra de estopa de coco disponible por mes de 1225,621.75 kg, con un periodo laboral de 8 horas diarias, se tiene la disponibilidad de 6963.76 kg/h (Quintanilla, 2014).

#### **2.6.2. Cascarilla de arroz quemada**

Es un subproducto de la agroindustria procesadora de arroz que se encuentra disponible en grandes cantidades. Se caracteriza por presentar una baja densidad y peso específico, además de una lenta biodegradación. Presenta un alto poder energético, ya que contienen casi 80% de su peso en carbono. Sus cenizas están compuestas básicamente por sílice, por lo tanto son bastante alcalinas. Tanto la cascarilla de arroz como sus cenizas no poseen compuestos tóxicos. Se presenta como material liviano, de buen drenaje, buena aireación (Calderón, 2001).

##### **2.6.2.1. Características de la cascarilla de arroz quemada**

Es un buen sustrato para germinación de las semillas y enraizamiento porque permite la penetración y el intercambio de aire en la base de las raíces; es suficientemente fuerte y densa para fijar las semillas; tiene coloración oscura es ligero y poroso permitiendo una buena aireación y drenaje (Andriolo, 1997), en su forma carbonizada como sustrato, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo ayuda a corregir la acidez de los suelos y es un material completamente esterilizado por haber sido sometido a altas temperaturas en

el proceso de carbonizado, tiene volumen constante en seco o húmedo; es libre de plagas dañinas; nematodos y patógenos (Ramírez, 2000).

#### **2.6.2.2. Ventajas del sustrato de cascarilla de arroz quemada**

Contiene buena aireación y mantiene una buena humedad de suelo, logra una perfecta esterilización después de la carbonización de la cascarilla, no contiene microorganismos y resulta de bajo costo y rápida preparación, baja densidad aparente lo que lo hace muy liviano, con buen drenaje, se considera como un sustrato orgánico que posee una baja tasa de descomposición y es uno de los sustratos más empleados para la germinación de plantines hortícolas (Donado, 2014).

#### **2.6.2.3. Usos de la cascarilla de arroz**

Algunos de los usos que se han desarrollado alrededor de la cascarilla de arroz son: abono, combustible, cemento (la ceniza de la cascarilla utilizada como combustible), material aislante (por su baja conductividad térmica), fabricación de paneles de construcción (Ramírez, 2000).

#### **2.6.2.4. Propiedades químicas y físicas del sustrato cascarilla de arroz.**

La cascarilla de arroz quemada es una interesante y económica alternativa para ser usado como sustrato en producción de plantines, y pues resulta limpio, con un pH ligeramente alcalino, rico en calcio y potasio; además, sí se le mezcla con tierra, evita la compactación del suelo. (Tabla 2) (Calderón, 2001).

#### **2.6.2.5. Proceso para la obtención Cascarilla de arroz quemada**

Para tratar de mejorar las propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz se ha recurrido desde hace unos años a la quema parcial o total de la misma. Esta es la alternativa más usada en la actualidad. Con este fin, se coloca la cascarilla en montones y se le enciende fuego por un costado; simultáneamente se va revolviendo con cascarilla cruda hasta obtener el grado de quemado deseado; se apaga por medio de un chorro de agua. Usualmente la intensidad del quemado que se pretende varía entre un 50 % y un 100 % según el grado de carbonización (Rodríguez, 1994). El diagrama de proceso de la cascarilla de arroz quemada se muestra en la figura 2.

Tabla 2. Propiedades físico- químicas del sustrato cascarilla de arroz

Densidad seca	150g/l
capacidad de retención de agua	53.9 %
capacidad de intercambio catiónico	5.5 meq/dl
pH	7.4
Conductividad eléctrica	1.1 $\mu$ mhos/cm <sup>2</sup>
Cenizas	12- 13%
nitrógeno 0.7%	0.7%
Fósforo	0.2%
Potasio	0.32%

Fuente: (Calderón, 2001)

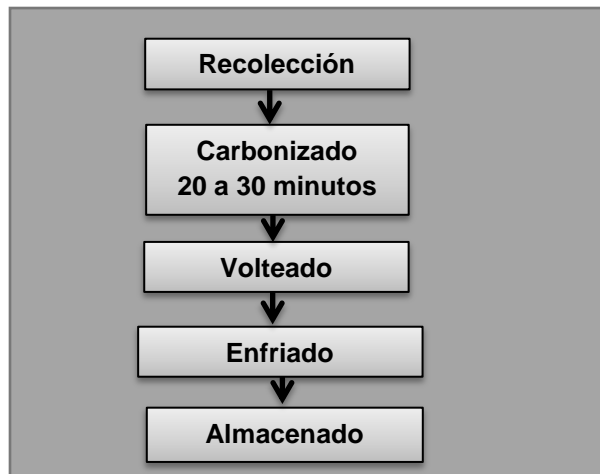


Figura 2. Diagrama de proceso de la cascarilla de arroz quemada

#### 2.6.2.6. Producción de cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es uno de los residuos resultantes de la producción, estimándose que de cada cuatro toneladas de arroz producidas, una tonelada es cáscara, la cual se consideraba como problema, pero en la actualidad es una generación de ingresos adicional a la producción de arroz. Para disminuir este efecto, se ha utilizado como práctica la quema parcial. En un beneficiado de arroz la cantidad de granza generados por jornada laboral es significativa, generando 1.2777 Tm de granza por hora en una producción de 3.5 Tm por hora entre, granza y desperdicios; para un 36.51% de residuos totales, lo que equivale a un total de 17.7888 Tm/día de operación de 14 horas de trabajo (Magaña, 2008).

### **2.6.3. Harina de pescado**

Es el producto que se obtiene por reducción del contenido de humedad y grasa de partes o residuos de pescado, sin adición de sustancias extrañas, salvo aquellas que tiendan a mantener la calidad original del producto. Es una fuente de nitrógeno y fósforo y calcio lentamente asimilables para las plantas (Couts, 2016).

#### **2.6.3.1. Importancia de la harina de pescado**

La pesca tiene gran importancia mundialmente, ya que el pescado constituye una fuente esencial de alimentos, nutrientes y proteínas animales para gran parte de la población. La harina de pescado está integrada por los desperdicios de la pesca como por determinadas especies que se capturan únicamente para estos fines y que por razones de tamaño, sabor o cualidades de textura y costumbres a ser comidas se desechan; o porque algunas especies de pescado se vuelven rancias muy rápido como para ser almacenadas, siendo procesadas para harina (Mónico, et al, 2015).

La parte que se aprovecha de la pesca para consumo humano es solamente el 60% de su peso aproximadamente, sin embargo día a día y con mayor intensidad, el 40% restante se va a la basura como son: cabezas, esqueletos, vísceras, escamas y aletas; que pueden ser utilizados en la obtención de una serie de productos derivados de la pesca, importantes por su valor económico, siendo uno de ellos la harina de pescado. También se puede utilizar como sustrato debido al alto contenido de minerales como es nitrógeno, fósforo y calcio que ayuda en gran parte al desarrollo radicular de la planta (Couts, 2016).

#### **2.6.3.2. Usos de la harina de pescado**

Su uso más antiguo fue como abono orgánico debido a su alto contenido en nitrógeno y fósforo. Con la modernización se está usando como alimento para animales, debido a su alto contenido proteico. Se constituye en un material al que puede recurrirse como alimentos para animales, en alimentación de aves de corral (gallinas, patos, pavos, ganado, cerdos, g etc.) (Zaldívar, 1996).

#### **2.6.3.3. Características de la harina de pescado**

a) Humedad: El contenido de humedad de una harina de pescado debe estar entre el 4% y el 10%. El límite inferior debe respetarse para poder asegurar que el exceso de secado no provoque ningún daño a las proteínas, b) Proteínas: la harina de pescado tiene una alta

proporción de aminoácidos esenciales en una forma altamente digerible, particularmente metionina, cisteína, lisina, treonina, triptófano; todos ellos presentes en la forma natural de péptidos de los aminoácidos esenciales dietéticos, c) Grasas: En las harinas de pescado, la grasa es una buena fuente de energía. En muchos tipos de harina se garantiza frecuentemente un máximo de 10-12% (Mónico, et al, 2015), d) cenizas: El contenido en cenizas de las harinas de pescado tiene una gran variabilidad. Se han reportado niveles entre un 9 y un 45% en todo el mundo pero pueden incluso detectarse niveles más bajos si la fracción ósea ha sido extraída, también se componen de macro y micro elementos aunque se dan algunas variaciones entre diferentes tipos de harina, dependiendo del tipo de materia (Pastor, 1995).

#### **2.6.3.4. Proceso para la obtención de harina de pescado**

Se obtienen los desperdicios de pescado (cabezas, espinazos) con una humedad relativamente baja. Se transporta hacia el lugar donde será procesada. Esta se expone al sol hasta que alcance el 10% de humedad. Posterior a eso se coloca en bolsa que le permita ventilación y evite la acumulación de humedad. Luego es procesada en un molino de martillo ya que este es el más utilizado para obtener la granulometría adecuada para ser utilizada como componente de un sustrato (Couts 2016). El diagrama de proceso de la harina de pescado se muestra en la figura 3.

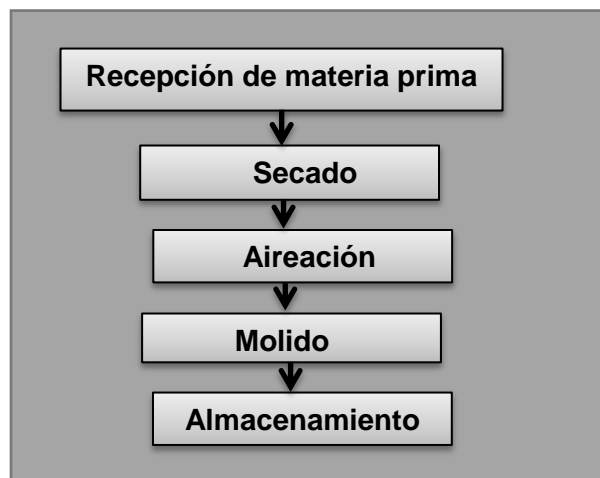


Figura 3. Diagrama para el proceso de harina de pescado

### **2.6.3.5. Producción de descartes pesqueros en El Salvador**

Recientemente el Ministerio de Medio Ambiente (MARN), dio a conocer un estudio realizado con el propósito de investigar las tecnologías o alternativas para el manejo y procesamiento de los descartes pesqueros y especies de bajo valor comercial en El Salvador, a fin de dinamizar la actividad productiva y aprovechar al máximo el peso bruto de todas las especies, generándoles valor agregado a los productores. (Anónimo, 2014), Se estima que en el Estero de Jaltepeque y en la Bahía de Jiquilisco se originan 3 millones de libras anuales de desechos que resultan principalmente de las tres pesquerías artesanales mayores en estos dos cuerpos de agua, quienes extraen anguilas, dorados y tiburón (CENDEPESCA 2014).

## **2.7. Sustratos comerciales o Turbas (Peat moss)**

Son materiales vegetales en proceso de fosilización tiene, espacios porosos del 95%, es homogéneo, no requiere de ningún proceso, es muy utilizado para la germinación y desarrollo por sus características con una excelente retención de humedad (70%) (Hartmann, 2002).

### **2.7.1. Clasificación de las turbas**

Las turbas se clasifican en dos tipos: rubias y negras. Las turbas rubias: tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas. Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido de materia orgánica (Bautista, 2002).

### **2.7.2. Usos de las turbas**

A pesar que la turba en estado fresco alcanza el 98% de humedad, una vez desecada puede usarse como combustible. La turba también se usa en la germinación de plantines, jardinería para mejorar suelos por su capacidad de retención de agua. Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivos sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados de sales solubles. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero son muy variables en cuanto a su composición ya que depende de su origen (Abab, 2000).

### **2.7.3. Propiedades físicas y químicas de las turbas**

Las propiedades físicas y químicas de las turbas son muy variables en función del origen de los vegetales que las componen y del grado de descomposición en que se encuentren. Las

turbas rubias fueron de los primeros sustratos que empezaron a utilizarse para cultivos comerciales. Como aspectos positivos a favor de la turba rubia pueden citarse la buena capacidad de retención de agua y la buena inercia térmica (Tabla 3) (Fernández et al 1998).

## 2.8. Características de un sustrato ideal

Los sustratos para ser ideales deben permitir un adecuado desarrollo radicular, por lo cual se necesita que posean buena textura, aireación y retención de humedad, una densidad adecuada, baja o nula capacidad de intercambio catiónico, alta capacidad amortiguadora, baja en sales solubles, libre de plagas y enfermedades y sustancias tóxicas, entre otras (Gil *et al.*, 2000), existe una amplia variedad de materiales para emplearse como sustrato en la germinación de plantines. Su aprovechamiento y manejo requiere un buen conocimiento de las propiedades y características físicas y químicas de los mismos (Gil *et al.* 2000).

## 2.9. Cultivo de plantines para invernadero

### 2.9.1. Sustratos

Entre estos tipos de sustratos se encuentran: la turba rubia el cual; es uno de los componentes mayoritarios en la formulación de sustratos, al igual que la fibra de coco. Aunque cualquier material orgánico, mineral o artificial puede ser empleado como sustrato (Díaz, 2004), en los sustratos para cultivos bajo invernadero, es preferible que tengan una alta capacidad de retención de agua y de nutrientes, para evitar una deficiencia durante la post-venta. Además, es necesario que tenga una alta capacidad de retención de aire con alta permeabilidad a fin de ser capaz de absorber el agua aplicada en el riego (Llorens, 2005).

Tabla 3. Propiedades químicas y físicas de las turbas

Propiedades	Turbas rubias	Turbas negras
Densidad aparente	0,06-0,1 g/cm <sup>3</sup>	0,3 0,5 g/cm <sup>3</sup>
Densidad real	1,35 g/cm <sup>3</sup>	1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>
Capacidad de absorción de agua	1.049 gr/100 gr m.s	287 gr/100 gr m.s
Aire	29 %	7,6 %
Agua fácilmente disponible	33,5 %	24 %
Agua de reserva	6,5 %	4,7 %
Capacidad de intercambio catiónico	110-130 meq/100 g	250 meq/100g
Porosidad	95%	95%
pH	4.00	5.00
La conductividad eléctrica	0.5 μmhos/cm <sup>2</sup>	0.5 μmhos/cm <sup>2</sup>

Fuente: (Fernández et al 1998)



### **2.9.2. Germinación y algunos factores coadyuvantes**

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996).

Flores (2004); menciona que las condiciones requeridas para la germinación son: la expresión de la herencia de la semilla influida por el medio ambiente durante la formación, madurez y germinación de la misma. Indicando así que la iniciación de la germinación requiere que de tres condiciones:

a) La semilla debe ser viable, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar, b) la semilla no debe estar en latencia ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan latencia ni barreras químicas para la germinación) la semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

#### **2.9.2.1. Condiciones internas (intrínsecas) en la germinación**

Las condiciones intrínsecas, se refieren a aquellas propias de las semillas, (Ruíz et al,1962), considera tres:

1) Que la semilla se encuentre constituida normalmente. Las sustancias acumuladas en el endospermo o en los cotiledones sirven al embrión durante su germinación y en ocasiones es insuficiente la proporción en la que se encuentra. 2) Que la semilla esté madura. Cuando la semilla no se encuentra completamente madura, el embrión tampoco lo está; generalmente la madurez de las semillas se alcanza a su punto de máximo peso seco, coincidiendo con la madurez del fruto, aunque con muchas excepciones; siendo en este momento cuando tiene su más alta capacidad germinativa.3) Ausencia de latencia. Que la semilla haya perdido algún tipo de latencia que pudiera presentar al momento de su recolección (Camacho, 1994).

#### **2.9.2.2. Condiciones externos (extrínsecas) en la germinación**

Las condiciones extrínsecas son las condiciones del medio ambiente en el cual van a germinar las semillas (Oranday, 1973), considera cuatro:

a) Humedad: Hidrata el protoplasma de las células, permite la disolución de las sustancias de reserva y las transporta hacia el embrión. Además de reblandecer, hinchar y romper la cubierta de la semilla, lo que permite la salida de las estructuras del embrión durante la

germinación. b) Temperatura: Cada especie tiene una temperatura óptima para su germinación, lo que se confirma en el tipo de clima al que pertenecen; siendo generalmente entre 25 y 30 °C la temperatura más conveniente durante la germinación; sin embargo, regímenes muy altos (40°C) o muy bajos (menos de 5°C) obstaculizan el desarrollo del embrión. c) Aire: El aire es el agente productor de oxígeno, es indispensable durante toda la vida del embrión. La respiración del embrión se hace más intensa en el momento que inicia la germinación y se requiere gran cantidad de oxígeno, el cual es necesario para las oxidaciones de las sustancias orgánicas que son la fuente de energía durante la germinación del embrión. d) Luz: Aunque la mayoría de las especies germinan en ausencia de luz, en algunas es un requerimiento indispensable (Camacho, 1994).

### **2.9.3. Principales productos para la desinfección de sustrato y semillas**

#### **2.9.3.1. *Trichoderma ssp***

Es un hongo que es usado como fungicida. Se utiliza en aplicaciones foliares, tratamiento de semillas y suelo para el control de diversas enfermedades producidas por hongos algunos productos comerciales fabricados con este hongo han sido efectivos en el control de *Botrytis*, *Fusarium* y *Penicillium sp* (Romero, 2009). Las principales características de este biocontrolador son: protección de semillas contra el ataque de hongos patógenos, protección directa a suelos y diferentes cultivos. Además, ejerce un control sobre diferentes microorganismos fitopatógenos, siendo un agente para la biodegradación de agrotóxicos (Camacho, 1994).

#### **2.9.3.2. Micorrizas**

Es aconsejable añadirlas en el momento de la preparación del terreno o del trasplante. Forman una asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. La importancia de esta simbiosis radica en que la raíz es el vínculo entre la planta y el suelo y, a su vez, el tejido del hongo es el puente entre la raíz y el suelo. Aumentan la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz, por el hecho de que el micelio fúngico (tejido micorrizas), al constituirse en una extensión de raicillas, explora mucho más volumen del suelo que la raíz sola (Smith y Read, 1998), el uso práctico de las micorrizas es considerado como una buena práctica agrícola, son aceptadas como biofertilizante por ser un producto natural, que encaja dentro de una gestión biológica en la fertilidad del suelo dirigida a obtener una productividad sostenida respetuosa del entorno. Entre sus beneficios se encuentran el favorecer la absorción de iones poco móviles del suelo, particularmente

fosfatos, pero también zinc, cobre y amonio, mayor crecimiento de las plantas, principalmente en suelos con bajo contenido de nutrientes, mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía, protección contra patógenos (Van der Heijden, 2002).

#### 2.9.4. Clasificación taxonómica

**Especie:** *Esculentum*

**Familia:** *Solanaceae*

**Subfamilia:** *Solanoideae*

**Tribu:** *Solaneae*

**Género:** *Lycopersicum*

**Nombre científico:** *Lycopersicum esculentum*

**Nombre común:** Tomate

#### 2.9.5. Variedades a utilizar de tomate

En la actualidad hay una amplia gama de variedades de tomate que pueden usarse a nivel de invernadero, siendo una de las principales la Toliman F1 (Tablas 4 y 5)

Tabla 4. Características de tomate Toliman F1

Características	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es un tomate híbrido semideterminado con alta capacidad producción.</li> <li>-Follaje vigoroso con buena sanidad de campo y excelente ramificación.</li> <li>-Extraordinaria cantidad de frutos por planta.</li> <li>-Frutos de forma oval, muy firmes, de color rojo profundo brillante y muy lisos, de pared gruesa, muy llenos y con peso promedio de 70 a 90 gramos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Por ser el más productivo es el más rentable.</li> <li>-Alta capacidad de manejo de post cosecha y trasplante.</li> <li>-Excelente vida anaquel.</li> <li>-Presenta tamaños muy uniformes en toda la planta.</li> </ul>

Fuente: (Bejo, 2016)

Tabla 5. Características de tomate Torreón F1

Características	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se caracteriza por ser muy productiva, con alta rentabilidad.</li> <li>-Tolerante a la deficiencia de calcio y al rajado.</li> <li>-Produce frutos uniformes en los primeros y últimos cortes.</li> <li>-frutos de buen color y además es muy vigoroso y productivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los frutos presentan buena capacidad de campo en planta y buena vida de anaquel.</li> <li>-Produce porcentajes alto de fruto de primera en todos los cortes</li> </ul>

Fuente: (Bejo, 2016)

## **2.10. Estudios realizados con el uso de subproductos en la formulación de sustratos**

Muchos estudios a nivel internacional han demostrado la efectividad del uso de materiales orgánicos e inorgánicos o en combinación para formular sustratos en la producción de plantines hortícolas (Castillo *et al*, 2010). En la evaluación de diferentes mezclas de sustratos como: corteza de pino, fibra de coco y peat moss, se obtuvo que la fibra de coco al 100 % es el mejor sustrato para producir plantines de tomate y que a medida que se incrementa el porcentaje de fibra de coco en el medio de crecimiento la calidad de la planta es mayor (Zárate, B. 2007). Al evaluar el comportamiento del compost en forma pura y mezclado en distintas proporciones con cascarilla de arroz quemada (0, 25, 50, 75 y 100%). Utilizando como testigo la turba rubia sustrato comercial. Los resultados demostraron que la cascarilla de arroz quemada modifica las propiedades físicas del compost, disminuyendo la densidad aparente de este y aumentando la porosidad total, mejorando la relación agua- aire en los sustratos. Aunque, en el caso del porcentaje de emergencia presentaron mejores resultados, siendo menor en el compost mezclado con la cascarilla de arroz quemada. En el crecimiento de los plantines, los que presentaron mejores alturas fueron; las mezclas cuyas proporciones eran 50% compost más 50% cascarilla de arroz quemada, seguido de la mezcla de 25% compost más 75% cascarilla de arroz quemada (Mori, 2001). En el caso particular de El Salvador la proporción más usada es 50% de piedra pómez y 50% cascarilla de arroz quemada, también ha dado buenos resultados la mezcla de 50% cascarilla de arroz quemada, 30% piedra pómez, 20% escoria volcánica roja o negra. Otras investigaciones reportan que la escoria volcánica más cascarilla de arroz quemada resultan ser un excelente sustrato para el cultivo de remolacha, tomate y chile en relación de 2:1 (CENTA, 2002).

## **2.11. Nuevas tecnologías en la producción de hortalizas en El Salvador, principalmente en el cultivo de tomate**

La agricultura protegida se define como el sistema de producción que permite propiciar el ambiente adecuado, en el cual desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento, que permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. Este sistema es realizado bajo diversas estructuras para proteger a los cultivos y minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos, dando protección contra los riesgos inherentes a esta actividad (Moreno *et al*, 2011). En el caso de la producción de hortalizas, esta tecnología inició en el año 2000, con la producción de plantines en

invernaderos artesanales, en agencias de extensión del CENTA y poco a poco se fue extendiendo a otras zonas del país. (Aldana et., al. 2015).

(Mayorga, sf) menciona que en 2003 se estableció el primer proyecto comercial bajo el esquema de zona franca, Esta experiencia demostró las ventajas de producir en ambientes controlados y motivó la incursión de diferentes empresarios, instituciones de gobierno y ONG's para realizar este tipo de agricultura. El mismo autor señala que Por otra parte la Agencia de Cooperación de Corea (KOICA) construyó en el 2010 en las instalaciones del CENTA en San Andrés, tres invernaderos industriales con el objeto de realizar investigación sobre la producción de tomate (Mayorga, sf).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización y generalidades del área en la que se realizó el estudio

##### 3.1.1- Ubicación geográfica

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de los invernaderos “Castro y Asociados” ubicados en el barrio y calle concepción del Departamento y Municipio de San Vicente, propiedad del productor Cristóbal Antonio Castro Durán, presenta aproximadamente una altura de 459 msnm, con latitud: 13° 38'37.16"norte, longitud: 88° 53.22"oeste (Google Earth 2016)

##### 3.1.2. Condiciones climáticas

La zona presenta un clima correspondiente a la sabana tropical, con precipitación anual de 1,600 a 1,800 mm, temperatura promedio de 26 a 27°C y humedad de 74%. (CENTA, 2002).

##### 3.1.3. Condiciones edáficas

El suelo donde se realizó la investigación pertenece a los grandes grupos latosoles arcillosos, y litosoles que se encuentran en las planicies inclinadas de pie de monte; la textura predominante en la zona es franco arcilloso (CENTA, 2002).

#### 3.2- Proceso Metodológico

La investigación se realizó en dos fases, en el periodo comprendido entre el veinte de octubre y el 20 de noviembre de 2016 con la fase de campo y terminando entre el 16 de Febrero y el 16 de Junio la parte del análisis estadístico.



(Google Earth 2016)

### **3.2.1. FASE I: Metodología de campo**

Comprendió la realización de las siguientes actividades

#### **3.2.1.1. Identificación de los proveedores y obtención de subproductos utilizados en la elaboración de sustratos**

Los cuatro materiales que se utilizaron para el estudio se recolectaron en el mes de mayo del 2016, siendo estos: fibra de coco, cascarilla de arroz quemada, harina de pescado (Figura A-2) y sustrato comercial (peat moss).

Todos los subproductos se almacenaron en un lugar que previamente se acondiciono, para evitar afecciones ya sea por contaminación con animales, variaciones climáticas u otros factores.

#### **3.2.1.2. Descripción de subproductos utilizados en la elaboración de sustratos**

##### **a. Fibra de coco**

Es un compuesto 100% fibra de coco el cual se obtuvo en Isla de Méndez en el departamento de Usulután. Se utilizó para aumentar la capacidad de retención de agua.

##### **b. Cascarilla de arroz quemada**

Es un subproducto de la agroindustria procesadora de arroz que se encuentra disponible en grandes cantidades y es desechado por las industrias arroceras San Francisco, ubicada en Departamento de la Paz. Sirvió para aumentar el espacio poroso del sustrato.

##### **c. Harina de pescado**

Es un subproducto de la industria pesquera que se obtiene a partir de los desperdicios, mediante la reducción de humedad y grasa del pescado que se encuentra disponible en grandes cantidades en San Francisco Javier, Usulután. Es útil como fuente de nitrógeno.

##### **d. Sustrato comercial (peat moss)**

Utilizado como sustrato testigo en comparación de mezclas de subproductos agroindustriales para la germinación de plantines de tomate; compuesto por caldo dolomita y calcítica, que es un agente humectante. La turba de esfagnocanadiense (70%) perlita, vermiculita diseñado para la producción de semillas en bandejas. Se encuentra disponible en la mayoría de agroservicios en el país.

### **3.2.1.3. Propiedades físico químicas de los sustratos**

Los análisis físicos químicos de los sustratos se realizaron para determinar el contenido nutricional de los mismos. Se realizaron en el laboratorio de química agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) y en el Laboratorio de Química de la Facultad Multidisciplinaria Paracentral de la Universidad de El Salvador (Figura A-7). Las propiedades físicas que se evaluaron en cada uno de los sustratos, durante la investigación fueron: densidad tanto aparente como real y porosidad.

#### **a. Determinación de la densidad aparente y real de los sustratos**

Para calcular la densidad aparente de las muestras secas de los diferentes sustratos se pesaron en balanzas digitales, obteniéndose el peso neto de estas muestras. Posteriormente, cada muestra ya pesada se introdujo en una probeta graduada de 100 ml, midiendo el volumen alcanzado por dichas muestras. Finalmente, se obtuvo la relación entre masa y volumen. El proceso fue repetitivo para tres muestras de cada sustrato a efectos de obtener un promedio que se constituyó en el valor de la densidad aparente del sustrato. (Figura A-7).

En la definición del valor de la densidad real se tuvo que pesar la muestra de un determinado sustrato en una balanza digital, instantes después se agregó ese material a una probeta de 10 ml a las cuales se les agregó previamente a través de una jeringa, un volumen conocido de agua, generándose un nuevo volumen al trasladar el sustrato ya pesado a la probeta con agua. La relación entre el valor de la masa del sustrato y el diferencial de volumen de la probeta conllevó a obtener el dato de la densidad real del sustrato. El proceso fue repetitivo tal como se explicó en la densidad aparente.

#### **b. Cálculo de la porosidad total**

Habiéndose definido los valores tanto de la densidad aparente ( $D_a$ ) como de la densidad real ( $D_r$ ), se procedió a calcular la magnitud de la porosidad, utilizando para ello la siguiente fórmula:

$$Pt = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100 \quad \text{Obteniéndose con ello, la porosidad de cada sustrato.}$$

### **3.2.1.4. Pre-tratamiento de las materias primas**

Después de recolectarse las materias primas en estado fresco, se procedió a un secado en patio exponiéndolos a sol por dos días con el objetivo de eliminar el exceso de humedad



contenido y otras materias extrañas a ellos; para ello, fue necesario el uso de un tamiz n.º 10 de 2 mm de abertura, con el propósito de disponer de un tamaño homogéneo de las partículas de los subproductos para obtener una proporción adecuada pesados en balanza analítica aproximadamente diez libras totales, resguardando en bolsas especiales para un proceso de auto clavado, sometiéndose a una presión de 1.5 psi y 120°C en el respectivo autoclave durante dos horas, extracción de los materiales para colocarlos en condiciones normales para su posterior desinfección (Figura A-3).

Dos días después de este pre-tratamiento se procedió al pesado para los diferentes porcentajes de las diferentes mezclas. Una vez terminadas estas actividades se tomaron 300 gramos por cada uno de estos materiales para su empaqueo en bolsas plásticas y luego enviados a su respectivo análisis físico químico en laboratorio (Figura A-4).

#### **3.2.1.5. Acondicionamiento de instalaciones y equipo utilizado**

Para realizar la investigación se requirió de un invernadero estructural con las siguientes dimensiones 5 x 5 metros, siendo el área total de 25 m<sup>2</sup> y una altura de 4 metros, constituido de 4 arcos y dos ventanas cenitales con la función de disipadores de calor; cubierto de un techo plástico que inhibe la intensidad de rayos solares y en su contorno protegido de malla antiviral. Equipado con un sistema por flujo de agua a presión que opera por nebulización en conjunto de un medidor de temperatura que interactúa al presentarse cambios drásticos de temperatura ayudando así a crear un microclima; esto con el objetivo de crear mejores condiciones al interior del invernadero. Se necesitó de una tarima metálica con un espacio de 2x3 metros, para la colocación de 20 bandejas plásticas, cada una con un promedio de 200 celdas. La unidad experimental se constituyó por cada bandeja, aplicando en cada una el sustrato correspondiente a su tratamiento. (Figuras 4 y 5)



Figura 4. Vista del semillero parte frontal



Figura 5. Estructura del entarimado

### **3.2.1.6. Establecimiento del cultivo**

#### **a. Desinfección de bandejas**

Se utilizó 10 ml de hipoclorito de sodio diluido en 5 litros de agua, se sumergieron las bandejas durante un período de cinco minutos, para realizar el llenado de las diferentes mezclas de los sustratos (Figura A-5).

#### **b. Prueba de germinación**

Dicha prueba se ejecutó utilizando una página de papel bond donde se colocaron 100 semilla ordenadas en filas y columnas. Posteriormente se procedió al tapado colocando otra página sobre éstas, luego se efectuó el riego correspondiente aplicándose dos veces al día uno por la mañana y tarde. Se logró obtener un 95% de germinación de la semilla. (A-1).

#### **c. Preparación de sustratos**

Paralelamente al proceso de desinfección se fabricaron las mezclas por separado de fibra de coco, cascarilla de arroz quemada, harina de pescado y sustrato comercial (peat moss). El parámetro utilizado para su elaboración se basó en las proporciones que señalan los tratamientos, los cuales se describen más adelante. Cada una de las mezclas de sustrato se remojó hasta que la humedad se presentará de forma homogénea, para que favoreciera la germinación uniforme. En total se utilizaron 20 bandejas plásticas, a cada una se le colocaron 200 semillas, la variedad utilizada fue la variedad de tomate Toliman F1 cuyas características son: Es un tomate híbrido semideterminado con alta capacidad producción, follaje vigoroso con buena sanidad de campo, excelente ramificación extraordinaria cantidad de frutos por planta , Frutos de forma oval, muy firmes, de color rojo profundo brillante y muy lisos, de pared gruesa, muy llenos y con peso promedio de 70 a 90 gramos.

#### **d. Desinfección de sustrato y semillas**

Se aplicó fungicida biológico (*Trichoderma Harzianum*) por medio de aspersion, tanto al sustrato como a la semilla, con el propósito de evitar la proliferación de microorganismos patógenos. Previamente se preparó *Trichoderma*, para lo cual se dejó reposar una preparación de 75 cc de dicho hongo en un litro de agua durante un día y posteriormente fue mezclado en un atomizador 2 GL para ser aplicado a cada una de las bandejas con su respectivo sustrato.

### **e. Siembra**

Al realizarse el llenado de las bandejas con las mezclas de sustratos se procedió a la siembra de semillas (Figura A-6), dejándose a una profundidad de medio centímetro, se depositó una por cada celda del contenedor luego se incorporó una pequeña capa de sustrato para cubrir la semilla. Luego de efectuar esta tarea, las bandejas se dejaron en el invernadero para su desarrollo.

### **f. Riego**

El riego se efectuó diariamente, con un sistema por flujo de agua a presión que opera por nebulización.

## **3.2.2. Fase II: Metodología estadística**

### **3.2.2.2. Diseño estadístico**

Se utilizó el modelo estadístico Diseño completamente al azar, (DCA) compuesto por cuatro tratamientos experimentales: fibra de coco, cascarilla de arroz quemada, harina de pescado, y sustrato comercial, (testigo), cada uno en diferentes proporciones.

Conviene mencionar, que no se aplicaron suplementos nutricionales a ningún tratamiento, esto con el propósito de evitar sesgo estadístico.

### **3.2.2.3. Distribución de Tratamientos**

En la ejecución, se llevaron a cabo 5 repeticiones por cada tratamiento para un total de 20 unidades experimentales que se representan en bandejas plásticas con 200 celdas por cada una. Los tratamientos se distribuyeron en 20 bandejas que corresponden a las 5 repeticiones de los 4 tratamientos (Figura 8).



Figura 6. Llenado de bandejas



Figura 7. Siembra de semilla

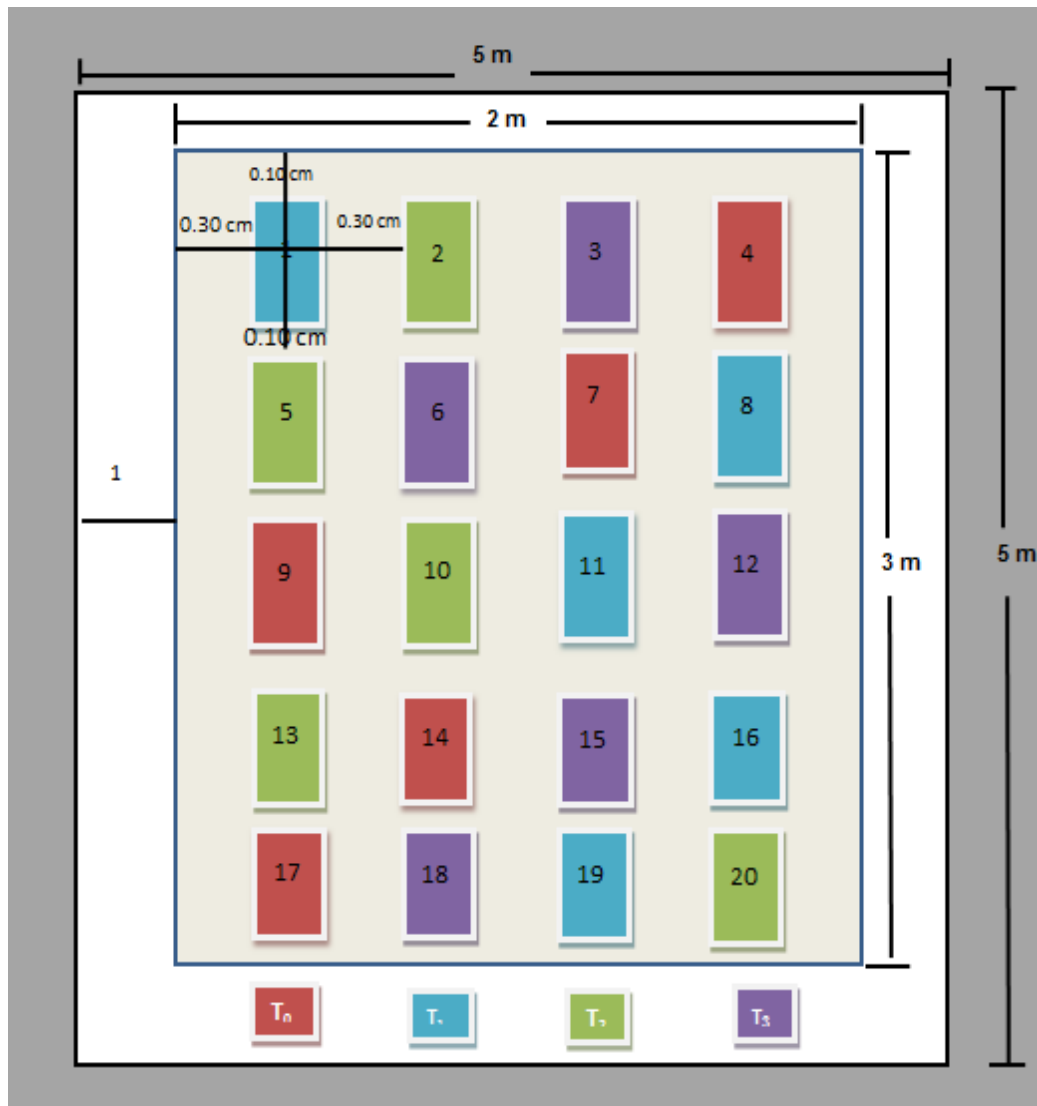


Figura 8. Esquema de distribución de los diferentes tratamientos dentro del invernadero

### 3.2.2.4. Elaboración de mezclas por Tratamientos

Cada mezcla se conformó de los siguientes ingredientes: fibra de coco, cascarilla de arroz quemada y harina de pescado.

Para cada tratamiento se estableció una proporción (tabla 6), con base a peso sugerido por varios autores (Mori et al., 2001)

Tabla 6. Proporciones y subproductos utilizados en los diferentes tratamientos

Tratamientos		Proporción (%)
T <sub>0</sub>	Peat-moss	100
T <sub>1</sub>	Fibra de coco + cascarilla de arroz quemada +harina de pescado	50 - 35 - 15
T <sub>2</sub>	Fibra de coco + cascarilla de arroz quemada +harina de pescado	40 - 35 - 25
T <sub>3</sub>	Fibra de coco + cascarilla de arroz quemada + harina de pescado	40 - 30 - 30

### **3.2.2.5. Variables evaluadas**

#### **a. Porcentaje de germinación**

Se realizó un conteo en cada una de las unidades experimentales para conocer el número de plantines emergidas, a los primeros 8 días después de la siembra.

#### **b. Altura de planta**

La medición de la altura se realizó cada ocho días durante cuatro semanas, tomando como referencia cuarenta y seis plantines por bandeja o tratamiento, utilizando una regla de 30 cm para obtener la altura de cada plántula

#### **c. Diámetro del tallo**

Se midió el diámetro de la base del tallo con un pie de rey digital. A la semana de inicio en emergencia por las cuatro semanas. Como punto de referencia se utilizaron cuarenta y seis plantines por cada tratamiento.

#### **d. Cantidad de raíces**

Se determinó en la cuarta semana al final del ensayo, sumergiendo el sistema radicular de cada plantín en un recipiente con agua, se realizó un conteo de las raíces de cuarenta y seis plantas de cada tratamiento en estudio.

### **3.2.2.6. Modelo matemático**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:  $Y_{ij}$  = Variable respuesta de la  $i$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto asociado al  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $i$ -ésima unidad experimental

### **3.2.2.7. Análisis de varianza**

Los resultados experimentales se obtuvieron por medio de:

Análisis de varianza (ANOVA) para las diferencias entre las variables.

Separación de medias a través de la prueba de Tukey al nivel de probabilidad (Tabla 7).

## IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente ensayo se evaluó el efecto de tres mezclas de sustratos, comparados con el sustrato comercial (Turba rubia 100%) en plantines de tomate. Los resultados obtenidos son los siguientes:

### 4.1. Porcentaje de germinación

En los datos obtenidos mediante el análisis de varianza se puede observar que el P-valor es 0.690 siendo mayor que 0.05. Por tanto; no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 7), esto indica que estadísticamente no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 7. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-Valor
Tratamiento	0.437	3	0.146	0.496	0.690
Error	4.700	16	0.294		
<b>Total</b>	<b>195728.250</b>	<b>20</b>			

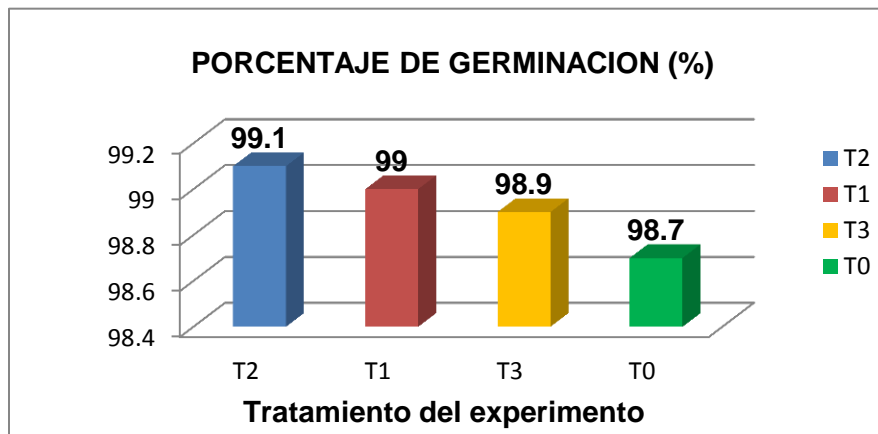


Figura 9. Porcentaje de germinación para plantines de tomate en los tratamientos

Probablemente el comportamiento similar en el alto porcentaje de germinación se debió a que los diferentes tratamientos fueron dispuestos en condiciones adecuadas de humedad, compactación, porosidad, inocuidad, luz, aire u otros factores incidentes. Al respecto se hace ver la enorme importancia de conseguir una compactación óptima a nivel de bandejas para que propiedades como porosidad, retención de agua y aireación no sean alteradas. Debiendo existir una buena relación aire-agua (Moreno Casco, 2008)

## 4.2. Altura de la planta

En las diferentes mezclas de sustrato, se estudió la variable altura del plantín en su período de crecimiento, se analizó por el método de regresión donde se logra observar que el modelo es significativo. (Tabla 8). En los resultados obtenidos en el análisis de varianza se puede apreciar que el P-valor es menor a 0.05. Por tanto, hay diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 9).

Los tratamientos que presentan la mayor altura con base a la prueba de medias de Duncan, son ( $T_2$  y  $T_3$ ) con valores de 0.7350 y 0.7180 cm. Los tratamientos con menor altura son ( $T_1$  y  $T_0$ ), siendo estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los 2 tratamientos anteriores, mostrando una altura intermedia, 0.5272 y 0.4184 cm (Tabla 10).

Tabla 8. Método de regresión lineal para altura de la planta

Planta	Intercepto	B	P-Valor	R <sup>2</sup>
1	-4.001	0.616	0.013	0.973
2	-0.796	0.296	0.008	0.984
3	-1.793	0.393	0.009	0.983
4	2.778	0.493	0.053	0.896
5	-0.564	0.294	0.050	0.902
6	-3.770	0.585	0.007	0.986
7	-2.583	0.513	0.015	0.971
8	-2.795	0.520	0.004	0.991
9	-2.363	0.498	0.012	0.977
10	-2.860	0.520	0.001	0.997
11	-5.847	0.757	0.017	0.966
12	-4.911	0.651	0.075	0.856
13	1.785	0.630	0.020	0.959
14	6.197	0.822	0.025	0.951
15	-6.230	0.815	0.024	0.953
16	-4.791	0.736	0.030	0.940
17	-4.935	0.675	0.028	0.945
18	6.096	0.811	0.019	0.963
19	-6.230	0.835	0.013	0.974
20	-2.994	0.533	0.042	0.918

Tabla 9. Análisis de varianza para altura de la planta

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-Valor
Tratamiento	0.352	3	0.117	10.952	0.000
Error	0.171	16	0.011		
<b>Total</b>	<b>7.715</b>	<b>20</b>			

Tabla 10. Prueba de media para altura de la planta

Tratamientos	Media
T <sub>2</sub>	0.7350a
T <sub>3</sub>	0.7180a
T <sub>1</sub>	0.5272b
T <sub>0</sub>	0.4184b

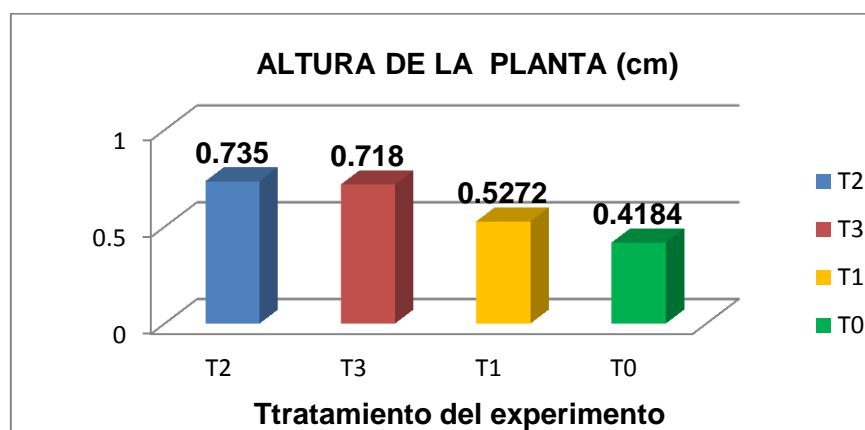


Figura 10. Altura para los plantines de tomate en los tratamientos

En la Figura 10, los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, resultaron con la mayor altura, lo cual puede explicarse debido a la adecuada caracterización en sus propiedades físicas y químicas presentes en ambas mezclas. Su alto contenido nutricional en nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales al interactuar permiten un buen desarrollo en altura. A esto se agrega sus valores en porosidad, densidad real y aparente, pH y conductividad eléctrica. Aspectos que se corroboran a nivel de laboratorio ver (figura A - 9 -10- 11). Al respecto, se tienen ensayos en los cuales la mayor altura de las plantas se relaciona con un buen aporte de nitrógeno y fósforo (Gonzales, 2005).

#### 4.3. Diámetro del tallo

En la tabla 11, se muestra la comprobación a través del método de regresión donde se observa que el modelo es significativo. En los resultados obtenidos en el análisis de varianza se puede apreciar que el P-valor es menor a 0.05. Por tanto, hay diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 12).



Tabla 11. Método de regresión lineal para diámetro del tallo

Planta	Intercepto	B	P-Valor	R <sup>2</sup>
1	0.354	0.086	0.008	0.985
2	0.428	0.087	0.035	0.931
3	0.499	0.071	0.035	0.986
4	0.380	0.080	0.018	0.965
5	0.497	0.078	0.031	0.939
6	0.124	0.106	0.025	0.913
7	0.193	0.107	0.044	0.913
8	-0.001	0.121	0.040	0.922
9	0.099	0.111	0.007	0.986
10	0.097	0.113	0.001	0.998
11	-0.143	0.128	0.012	0.976
12	0.056	0.124	0.020	0.960
13	-0.058	0.128	0.027	0.946
14	-0.069	0.124	0.045	0.913
15	-1840	0.1340	0.028	0.946
16	-0.238	0.107	0.005	0.893
17	-0.131	0.131	0.039	0.924
18	-0.061	0.116	0.000	1.000
19	-0.023	0.123	0.051	0.901
20	-0.370	0.080	0.091	0.826

Tabla 12. Análisis de varianza para diámetro del tallo

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-Valor
Tratamiento	0.006	3	0.002	16.212	0.000
Error	0.002	16	0.000		
<b>Total</b>	<b>0.240</b>	<b>20</b>			

Tabla 13. Prueba de media para diámetro del tallo

Tratamientos	media
T <sub>2</sub>	0.1276a
T <sub>3</sub>	0.1116b
T <sub>1</sub>	0.1114b
T <sub>0</sub>	0.0804c

Con base a la prueba de medias de Duncan, se puede indicar que estadísticamente el tratamiento (T<sub>2</sub>), tiene el mayor diámetro del tallo con un valor 0.1276 mm. Los tratamientos (T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>), son estadísticamente iguales entre si mostrando un diámetro intermedio, de 0.1116 y 0.1114 mm. El tratamiento (T<sub>0</sub>), es diferente a los anteriores y es el que tiene un diámetro del tallo inferior al resto de los tratamientos con un valor de 0.0804 mm. Mostrando los resultados (Tabla 13).

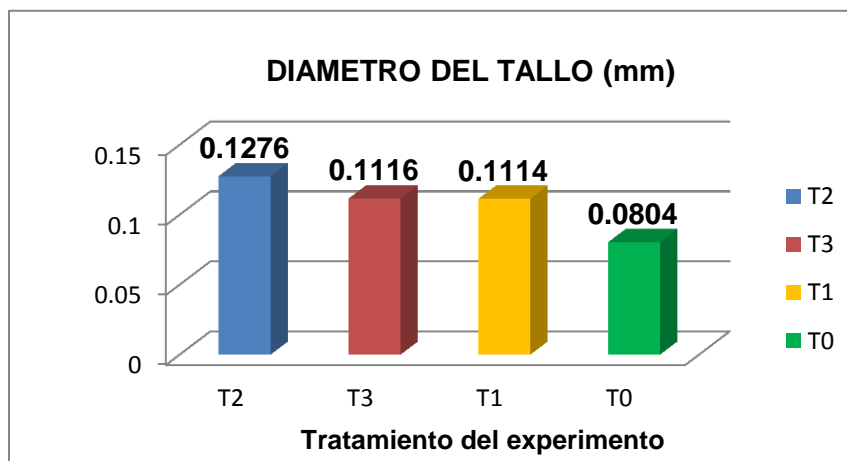


Figura 11. Diámetro del tallo para los plantines de tomate en los tratamientos

En la figura 11, se muestra el comportamiento de la variable diámetro del tallo, en donde el T<sub>2</sub> obtuvo el mayor diámetro, principalmente por la adecuada disponibilidad en cuanto a nitrógeno y fosforo indispensables en efectos de aumentar la vigorosidad del plantín, grosor y hojas, (Zúñiga, 2014.), menciona que el tallo es el soporte de la planta y el sistema distribuidor principal de agua y nutrientes, de ahí que es importante que se encuentre en las mejores condiciones posibles. Los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> estadísticamente no presentan diferencia significativa entre si lo que indica que el contenido de estos nutrientes actuó de forma regular pero son aceptables en cuanto a este parámetro. El tratamiento T<sub>0</sub> no obtuvo un diámetro de tallo aceptable; esto se debe a su escaso contenido de nutrientes siendo un material inerte, lo que provocó un retraso en el desarrollo y crecimiento.

#### 4.4. Cantidad de raíces

El análisis de varianza del desarrollo de cantidad raíces muestra que el P-valor es menor a 0,05. Por consiguiente, hay diferencia significativa en los tratamientos (Tabla 14). Atraves de la prueba de Duncan se observó que las mezclas de los sustratos con mejor desarrollo de cantidad de raíces fueron los empleados en el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> el primero con un valor de 10.17 raíces por plantín y el segundo con un valor 9.51 raíces. Los tratamientos con menor desarrollo de raíces fueron T<sub>1</sub> con un 8.04 y T<sub>0</sub> con 7.34 raíces por plantín (Tabla 15).

Tabla 14. Análisis de varianza para cantidad de raíces

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-Valor
Tratamiento	25.525	3	8.508	9.088	0.001
Error	14.980	16	0.936		
<b>Total</b>	1576.834	20			

Tabla 15. Prueba de media para cantidad de raíces

Tratamientos	Media
T <sub>2</sub>	10.17a
T <sub>3</sub>	9.51a
T <sub>1</sub>	8.04b
T <sub>0</sub>	7.34b

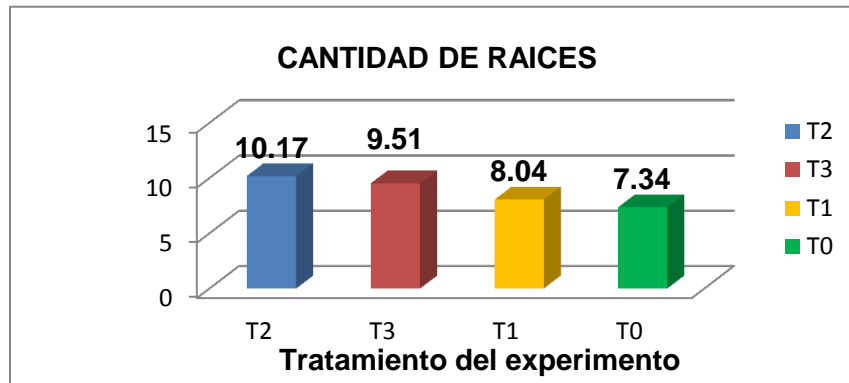


Figura 12. Cantidad de raíces para plántulas de tomate en los tratamientos

Como se muestra en la Figura 12, los sustratos con mayor cantidad de raíces fueron las mezclas de los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>. Notando así que ambos sustratos son los que presentan mayor proporción de harina de pescado y cascarilla de arroz quemada, siendo los componentes que poseen mayor cantidad de nutrientes; entre ellos alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio que inciden en el crecimiento de raíces. Además de ser las mezclas que poseen las características físicas más adecuadas para su desarrollo; como lo menciona Ortega, (2000), que el nitrógeno y potasio en cantidades normales permite el mejor desarrollo del sistema radicular del plántula. Un abastecimiento normal de fósforo en la planta permite un buen desarrollo radicular, buena floración y fructificación. Los tratamientos que reportaron menor cantidad de raíces fueron T<sub>1</sub> y T<sub>0</sub> debido al bajo contenido nutricional en las mezclas.

#### 4.5. Análisis económico

Los distintos subproductos utilizados en la elaboración de las mezclas de sustratos; fibra de coco, cascarilla de arroz quemada y harina de pescado fueron adquiridos a bajo costo. Pero también existieron una serie de recursos necesarios para la producción que han sido considerados para esta investigación en particular, estos se constituyeron en costos comunes para todos los tratamientos (Tabla 16).

Al realizar el análisis económico de manera parcial para todos los tratamientos en estudio los que resultaron con menor costo fueron T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (\$1.65), seguido del T<sub>3</sub> (\$1.70), constituyéndose el T<sub>0</sub> como el de mayor costo (\$12.50). Esto demuestra que el costo de los tratamientos depende de las cantidades de harina de pescado utilizadas en las mezclas. La tendencia es que una mayor cantidad de harina conduce a un mayor precio, excepto entre los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (Tabla 17).

Tabla 8. Costos comunes de los materiales utilizados en el ensayo

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Precio total(\$)
Alquiler de Invernadero	1	c/u	30.00	30.00
Días hombre	28	Día	6.00	168.00
Sobre de semilla	1	Sobre	300.00	300.00
Bandejas	20	c/u	2.80	56.00
Fungicida (Trichoderma)	1	Kg	20.00	20.00
Recolección de sub-productos	3	Quintal	40.00	40.00
<b>Total</b>				<b>614.00</b>

Tabla 9. Costos totales de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Materiales	Porcentaje de formulación (%) de los sustratos	Cantidad	Unidad	Costo (\$)			
					Costo común promedio	Costo parcial		Total
						Unitario	Subproductos	
T <sub>0</sub>	Peat moss (sustrato comercial)	100	10	Lb	153.50	1.25	12.50	
<b>Sub-total</b>					<b>153.50</b>		<b>12.50</b>	<b>166.00</b>
T <sub>1</sub>	Fibra de coco	50	5	Lb	153.50	0.20	1.00	
	Cascarilla de arroz quemada	35	3.5	Lb		0.10	0.35	
	Harina de pescado	15	1.5	Lb		0.20	0.30	
<b>Sub-total</b>					<b>153.50</b>		<b>1.65</b>	<b>155.15</b>
T <sub>2</sub>	Fibra de coco	40	4	Lb	153.50	0.20	0.80	
	Cascarilla de arroz quemada	35	3.5	Lb		0.10	0.35	
	Harina de pescado	25	2.5	Lb		0.20	0.50	
<b>Sub-total</b>					<b>153.50</b>		<b>1.65</b>	<b>155.15</b>
T <sub>3</sub>	Fibra de coco	40	4	Lb	153.50	0.20	0.80	
	Cascarilla de arroz quemada	30	3	Lb		0.10	0.30	
	Harina de pescado	30	3	Lb		0.20	0.60	
<b>Sub-total</b>					<b>153.50</b>		<b>1.70</b>	<b>155.20</b>

Al realizar un análisis y asignación de recursos y costos a los diferentes tratamientos, se pudo obtener el indicador o relación B/C (Tabla 18). Al respecto, se consideraron los precios de venta de los plantines, para ello, se tomó como referencia su grado de desarrollo así como la calidad del mismo, siendo las cualidades observadas las siguientes: tamaño, vigorosidad, estado fitosanitario, coloración normal y uniformidad del desarrollo. Así mismo, se cotizaron plantines correspondientes a los diferentes tratamientos, a varios productores, con el propósito de conocer precios por plantín. En este sentido, el mayor precio comercial (\$0.18), correspondió a los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, los cuales presentaron los mejores indicadores de desarrollo en todos los aspectos. El tratamiento T<sub>1</sub> se cotizo a \$0.16 y el testigo T<sub>0</sub> con el precio más bajo (\$0.14).

Tabla 10. Relación B/C de los tratamientos

Tratamiento	Semillas depositadas	Plantas desarrolladas		Precio de plántula en el mercado(\$)	Ingreso total (\$)	Costo total (\$)	RELACIÓN B/C
		%	Cantidad				
T <sub>2</sub>	1,000	99.1	991	+0.18	<b>178.02</b>	<b>155.15</b>	<b>1.15</b>
T <sub>3</sub>	1,000	98.9	989	+0.18	<b>178.02</b>	<b>155.2</b>	<b>1.14</b>
T <sub>1</sub>	1,000	99	991	+0.16	<b>158.4</b>	<b>155.15</b>	<b>1.02</b>
T <sub>0</sub>	1,000	98.7	987	+0.14	<b>138.18</b>	<b>166</b>	<b>0.83</b>

## V. CONCLUSIONES

Los tratamientos alternativos superan al testigo, debido a que no se limitan a ofrecer soporte y desarrollo radicular, sino que también favorecen el desarrollo vegetativo, ello debido a que contienen nutrientes, tales como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, entre otros y que además logran ser asimilados por la planta.

En la emergencia no hubo diferencia estadística entre los distintos tratamientos, lo cual demuestra que todos los tratamientos presentan propiedades físicas que favorecen la germinación de la semilla

El tratamiento T<sub>2</sub> fue el que superó a los demás, en cuanto a la relación beneficio -costo, lo cual se debió a que fue el mejor cotizado, al mismo tiempo que implicó menor uso de harina de pescado

El uso de sustratos constituye una buena alternativa para los productores locales en cuanto a la producción de plantines de tomate bajo condiciones de invernadero, teniendo en cuenta que dichos materiales se encuentran disponibles en el país y con un bajo costo.

## VI. RECOMENDACIONES

Para la elaboración de las mezclas de sustratos es necesario utilizar materiales que permitan aumentar la filtración de agua y disminuir la densidad real del sustrato, a fin de brindar mejores condiciones para el desarrollo radicular.

Se debe considerar que los subproductos agroindustriales a utilizar estén completamente secos para que el contenido de humedad no influya al momento de realizar las proporciones.

Es necesario realizar la esterilización de los sustratos antes de la siembra, realizando un proceso de auto clavado, sometiéndose a una presión de 1.5 psi y 120 °C para eliminar cualquier tipo de patógeno.

Se recomienda realizar análisis físicos químicos a las mezclas de sustratos antes realizar ensayos similares, con el fin de ver el aporte nutricional de cada uno, y así ver cuánto es lo suministrado y aprovechado por la planta.

Es importante continuar efectuando investigaciones de este tipo, con el objeto de evaluar la utilización de los sustratos alternativos para la producción de otras especies a nivel de invernadero o campo.

Es recomendable efectuar las mezclas un mes antes de su utilización y remover dichas mezclas al menos una vez al día. Con ello, se proporcionará una aireación adecuada y de esa manera obtener mejores resultados a la hora de germinación.

Con base al análisis económico efectuado, la mezcla T<sub>2</sub>, compuesta por fibra de coco (40%), cascarilla de arroz quemada (35%), harina de pescado (25%) puede ser una alternativa en la producción de plantines de tomate a nivel de invernadero.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1993a. Sustratos: Características y Propiedades. Instituto de Estudios Almerienses. Fiapa.3 pág. (En línea) consultado 10 de marzo de 2016. Disponible en:<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Abad, M. (1993) b. Evaluación de agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura, 11 pág. (En línea) Consultado el 6 de mayo de 2016. Disponible en:<http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2265/577281.pdf>
- Abad M y P. Noguera. 2000c. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Manual del cultivo sin suelo. Urrestarazu M. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Almería, España. 137-182 pág. (En línea) Consultado el 6 de mayo de 2016. Disponible en:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Acosta-Durán C.M., J. Vargas-Araujo, T. Rodríguez –Rojas, I. Alia-Tejacal, M. Andrade-Rodríguez y O. Villegas-Torres. 2005. Efecto de la mezcla de materiales en las propiedades químicas del sustrato. XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, México.11 pág. (En línea) consultado 11 de abril de 2016. Disponible en:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Aguilar, R. 2002. Producción de Sustratos para Viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional. Costa Rica. 46 pág. Consultado 14 abril 2017. (En línea). Disponible en:<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>



- Aldana, et., al. 2015. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de tomate de cocina con buenas prácticas agrícolas bajo sistemas de macro túneles, en el valle de Zapotitlán, ciudad arce departamento de la libertad. 26 pág. (En línea) Consultado el 26 de mayo 2016. Disponible en:<http://ri.ues.edu.sv/9411/1/Trabajo%20de%20graduacion.pdf>
- Alcantar, G y L. Trejo. 2007. Nutrición de cultivos. Ed. Mundiprensa. México.17 pág. (En línea) Consultado el 13 de febrero de 2017. Disponible en:<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12268/SANDOVAL%20ESTRADA%20PEDRO%20-%20B101523.pdf>
- Andriolo, J. 1997. Cultivo de tomate en sustratos. Santa María: Centro de Ciências Rurais, UFSM. (Informe técnico, 2). Brasil.16 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo de 2016. Disponible en:<http://190.187.112.98/webiip/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQUES/PU/66.pdf>
- Ansorena, J. 1994. Propiedades físicas de los sustratos. Chile Agrícola, 20(208): 4 pág. (En línea) Consultado el 2 de junio de 2016. Disponible en:<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Alternativas de manejo...2014. Alternativas de manejo y procesamiento de desechos pesqueros. Diario digital contra punto. Grupo Dalton | Avenida Palermo, Colonia Las Mercedes, No.20. El Salvador, Centro América. 1 pág. (En línea) consultado 3 de marzo de 2016. Disponible en:<http://www.contrapunto.com.sv/archivo2016/ambiente/presentan-alternativas-de-manejo-y-procesamiento-de-desechos-pesqueros>
- Bautista M.N.; Alvarado L.J. (Eds.) 2006. Producción de jitomate en invernadero. 1ª edición. Editorial Colegio de Postgraduados. 265 pág. Texcoco, Estado de México.14 pág. (En línea) Consultado el 23 de mayo de 2016. Disponible en:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>

- Barbado J. L. 2005, Microemprendimiento, Hidroponía su empresa de cultivo en agua, Sustratos elementos de sostén, Sustratos sólidos de naturaleza orgánica 1ª Edición. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina, 190 pág. (En línea) Consultado el 20 de febrero 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%20u.pdf>
- Bejó, 2016.Catálogo de productos Bejo, S.A., Guatemala, Km. 30 Carretera Interamericana Lote No. 51. (En línea) Consultado el 3 de mayo de 2016.Disponible en:<https://1390-gt.all.biz/goods>
- Bures, S. 1997a. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid. 220 pág. (En línea). Consultado el 23 de julio de 2016.Disponible en:<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Bures, S. 1999b. Introducción a los sustratos: aspectos generales. 14 pág. (En línea) Consultado el 23 de mayo de 2016. Disponible en:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Cabrera, N. (1998). Propiedades, uso y manejo de los sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas.Chapingo Hortic. México. Maderas y Bosques, Vol. 16, Instituto de Ecología, A.C. 8 pág. México (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/14/Vasquez-Sammy.pdf>
- Cadahia L. C. 2005. Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México.12 pág. (En línea) Consultado el 6 de mayo de 2016. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Calderón, S. 2001a. La Cascarilla de Arroz “Caolinizada”: una Alternativa para Mejorar la Retención de Humedad Como Sustrato Para Cultivos Hidropónicos. 3-4 Pág. (En línea) Consultado el 20 de febrero 2016. Disponible en:<http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/probosques/pu/66.pdf>

- Calderón, A. 2004b. Propiedades Físicas de los Sustratos. Proyecto Fondef. Universidad de Chile, Fac. Cs. Agronómicas. 3 pág. (En línea) consultado 10 de marzo de 2016. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Calderón, A. 2005c. Sustratos Agrícolas. Proyecto Fondef. Universidad de Chile, Fac. Cs. Agronómicas. 5 pág. (En línea) Consultado el 2 de junio de 2016. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. Ed. Trillas. México. 24-26 pág. (En línea) Consultado 7 de mayo de 2016. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Castillo, p., Martínez, M., y Mize, C. 2010. Efecto de sustratos y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. Maderas y Bosques, Vol. 16, 7-18. pág. Instituto de Ecología, A.C. México (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/22/Tut-Maynor.pdf>
- Couts, J. 2016. Descripción del Proceso de la Harina de Pescado. Entrevista con el Ing. Agrónomo Jaime en San Francisco Javier, Usulután. Entrevista personal.
- CENDEPESCA. 2014. (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura. Manual de producción de tilapia). 30- 35 pág. (En línea) Consultado 7 de mayo 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/4402/1/tratamiento%20de%20desechos%20solidos%20en%20quezaltepeque.pdf>
- CENTA, 2000a. (Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal). Cascarilla caolinizada de arroz en su uso como sustratos hidropónicos. edit. Giras. Colombia Tolima 34-76 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/probosques/pu/66.pdf>

CENTA 2011b. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), Amigo de la Familia Productora. Sustrato artesanal. Clave del éxito en la producción plantines de tomate. Edición 06, Km. 33 1/2, carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad. El Salvador. Revista Trimestral. 8 pág. (En línea) Consultado el 18 de mayo de 2016. Disponible en: [http://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/sidia/sidiamagazine\\_201106.pdf](http://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/sidia/sidiamagazine_201106.pdf)

Díaz Serrano R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero, Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Instituto de Ciencias Agrícolas, México guanajuato. 16 pág. (En línea) Consultado el 21 de mayo de 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>.

Donado Parada; 2014. Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (pleurotus ostreatus); Universidad Rafael Landívar; facultad de ciencias ambientales y agrícolas, título de ingeniera agrónoma con énfasis en cultivos tropicales en el grado académico de licenciada. Ciudad de Guatemala. 10 pág. (En línea) Consultado el 10 de noviembre 2016. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf>

Fernández et al. (1998).a Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi prensa. España. 6 pág. (En línea) Consultado el 6 de mayo de 2016. Disponible en: [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1319/RESPUESTA%20DE%20LA%20PLANTULA%20DE%20PEPINO%20\(Cocumis%20sativus%20L.\)%20A%20CINCO%20SUSTRATOS.pdf](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1319/RESPUESTA%20DE%20LA%20PLANTULA%20DE%20PEPINO%20(Cocumis%20sativus%20L.)%20A%20CINCO%20SUSTRATOS.pdf)

Fernández, M.M.; Aguilar, M.I.; Carrique, J.R.; Tortosa, J.; Gracia, C.; López, M.; Pérez, J.M. 1998.b. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla, España. 9 pág. (En línea) Consultado el 29 de junio de 2017 Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3173/1/Tesis-32agr.pdf>

- Flores H. A.2004. Introducción a la Tecnología de las Semillas. Universidad Autónoma Chapingo, México. 8-10 pág. (En línea) Consultado 7 de mayo de 2016. Disponible en:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>
- Florian, P. 1997. Sustratos: Propiedades, ventajas y desventajas. Conferencia Internacional en Hidroponía comercial. (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias). Valencia España. 8 pág. (En línea) Consultado el 21 de mayo de 2016. Disponible en:[http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2780/Uso%20de%20compost%20y%20arena%20volc%C3%A1nica%20como%20sustratos%20en%20un%20sistema%20hidrop%C3%B3nico%20abierto%20para%20cultivo%20protegido%20de%20tomate%20\(Lycopersicon%20esculentum%20Mill\).pdf](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2780/Uso%20de%20compost%20y%20arena%20volc%C3%A1nica%20como%20sustratos%20en%20un%20sistema%20hidrop%C3%B3nico%20abierto%20para%20cultivo%20protegido%20de%20tomate%20(Lycopersicon%20esculentum%20Mill).pdf)
- Garnica, M. Houdusse, F y J. Y vin. 2009. Nitrate supply induces changes in polyamine content and ethylene production in wheat plants grown with ammonium. Journal of Plant Physiology.18 pág. (En línea) Consultado el 13 de febrero de 2017. Disponible en:<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12268/SANDOVAL%20ESTRADA%20PEDRO%20-%20B101523.pdf>
- Gallo, R; Viana, O. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, UY, Universidad de la República, Facultad de Agronomía.11-12 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2017. Disponible en:[http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS\\_RIGOBERTO\\_PICN.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf)
- Gil, I; Sánchez, F y Miranda, I. 2000. Producción de Jitomate en hidroponía bajo invernadero. Universidad Autónoma de Chapingo. AGRIBOT. Chapingo México.5 pág. (En línea) Consultado el 21 de septiembre de 2016. Disponible en:[http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2780/Uso%20de%20compost%20y%20arena%20volc%C3%A1nica%20como%20sustratos%20en%20un%20sistema%20hidrop%C3%B3nico%20abierto%20para%20cultivo%20protegido%20de%20tomate%20\(Lycopersicon%20esculentum%20Mill\).pdf](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2780/Uso%20de%20compost%20y%20arena%20volc%C3%A1nica%20como%20sustratos%20en%20un%20sistema%20hidrop%C3%B3nico%20abierto%20para%20cultivo%20protegido%20de%20tomate%20(Lycopersicon%20esculentum%20Mill).pdf)

González, J. 2005. Guía técnica: Cultivo de Jiquilite (*Indigofera* spp.) en El Salvador. Vol. 1. 47. Pág. (En línea). Consultado el 24 de mayo de 2017. Disponible en: <https://books.google.com.sv/books?id=PtnGJ9uPh7UC&pg=PA47&dq=altura+de+planta+and+nitrogeno+and+fosofo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiRtpLR1crUAhVHET4KHQnlBRsQ6AEILzAD#v=onepage&q=altura%20de%20planta%20and%20nitrogeno%20and%20fosofo&f=false>

Hartman, H.: Kester, D. (1987) Propagación de plantas. Principios y Prácticas. 3ra. Edición. México, D.F. 9-10 pág. (En línea) Consultado el 10 de noviembre 2016 Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Quinonez-Mario.pdf>

Hartmann, H. y Kester, D. 2002b. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 80pág. (En línea) Consultado 7 de mayo 2016. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T19702%20RAMIREZ%20MARTINEZ,%20%20ANA%20ARACELI%20%20TESIS.pdf>

Holcomb, E. J., (1994). Bedding Plants IV: A manual on the culture of bedding plants as a greenhouse. Ball publishing. 11. Pág (En línea) Consultado el 29 de febrero disponible en: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/40644/TESIS%20GERBERA%20%20OSCAR%20MANUEL%20NAJERA%20GAMA Password Removed.pdf?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/40644/TESIS%20GERBERA%20%20OSCAR%20MANUEL%20NAJERA%20GAMA%20Password%20Removed.pdf?sequence=1)

Lemaire, F., et al., 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005, 210 pág. (En línea) Consultado el 21 de febrero de 2016. Disponible en: [http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/2705\\_2007\\_CIIDIROAXACA\\_MAESTRIA\\_zarate\\_nicolas\\_baldomeroh.pdf](http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/2705_2007_CIIDIROAXACA_MAESTRIA_zarate_nicolas_baldomeroh.pdf)

Llorens. M. 2005. Tipos de sustratos en vivero, (Sustratos para vivero) 16 pág. (En línea) Consultado 21 de mayo de 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>.

Magaña, 2008. "Propuesta del diseño para el escalamiento a planta industrial, partiendo de una planta piloto, para el precocido y beneficiado de arroz". Universidad de El Salvador. pág.148. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en:[http://ri.ues.edu.sv/2057/1/Propuesta del dise%C3%B1o para el escalamiento a planta industrial, partiendo de una planta piloto, para el precocido y beneficiado de arroz.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2057/1/Propuesta%20del%20dise%C3%B1o%20para%20el%20escalamiento%20a%20planta%20industrial%20partiendo%20de%20una%20planta%20piloto%20para%20el%20precocido%20y%20beneficiado%20de%20arroz.pdf)

Martinez, P.F.; Abad, M. (1993). Soilless culture of tomato in different mineral substrates. Acta Horticultura, .15 pág. (En línea) Consultado el 2 de junio de 2016. Disponible en:<http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2265/577281.pdf>

Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. 18 pág. (En línea) Consultado el 13 de febrero de 2017. Disponible en:<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12268/SANDOVAL%20ESTRADA%20PEDRO%20-%20B101523.pdf>

Mayorca, JH. Sf. Caracterización de la cadena productiva de hortalizas bajo techo en El Salvador. 9 pág. (En línea). Consultado 26 de mayo de 2017. Disponible en: <http://simaq.mag.gob.sv/uploads/pdf/Contribuciones201431111211.pdf>

Mónico, LC. Roque, MI. 2015. Consultoría sobre la comercialización de harina de pescado, para el mercado nacional para la asociación cooperativa de producción pesquera y servicios múltiples bocanalempa-jaltepeque de r.l., de la microrregión la pita, municipio de tecoluca, departamento de San Vicente. 26 pág. (En línea). Consultado 16 febrero 2017. Disponible en:<http://ri.ues.edu.sv/8519/1/Final%20final%20Tesis%20HP.pdf>

Moreno, J. Moral, R. (Eds. Científicos). 2007. Compostaje. Madrid. Ediciones mundi-prensa. 30 pág. (En línea). Consultado 26 de mayo de 2017. Disponible en: [https://books.google.com.sv/books?id=APuzwas6rrcC&printsec=frontcover&dq=libro+compostaje+moreno+casco&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjdlb\\_DzcrUAhVDxSYKH\\_eUZB30Q6AEIIDA#v=onepage&%20casco%20q=libro%20compostaje%20moreno&f=false](https://books.google.com.sv/books?id=APuzwas6rrcC&printsec=frontcover&dq=libro+compostaje+moreno+casco&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjdlb_DzcrUAhVDxSYKH_eUZB30Q6AEIIDA#v=onepage&%20casco%20q=libro%20compostaje%20moreno&f=false)

- Moreno R., A; Aguilar D., J.; Luévano G., A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios.4 pág. (En línea) Consultado el 10 de febrero de 2017. Disponible en: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012071609127034.pdf>
- Mori C. 2001. Evaluación agronómica de sustratos para la producción de plantines de tomate (*Lycopersicum sculentum*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, pág. 24. (En línea) Consultado el 10 de junio 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>
- Nuez, F. 1995a. El cultivo del tomate (en línea). 1 ed. Ediciones Mundi- Prensa, México. 20 pág. (En línea) Consultado el 21 de mayo de 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>
- Nuez V, F. 2001b. El cultivo de tomate. México, Ediciones Mundi Prensa. 11-12 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2017. Disponible en: [http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS\\_RIGOBERTO\\_PICN.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf)
- Ortega, C. 2000. Evaluación de fitohormonas y abonos foliares para mejorar el amarre de frutos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) Cultivar puntón amarillo 11-12. Pág. (En línea). Consultado el 20 de marzo de 2017. Disponible en: [https://books.google.com.sv/books?id=q4wzAQAAMAAJ&pg=PA11&dq=efectos+d+el+fosforo+en+el+desarrollo+radicular+de+plantulas+de+tomate&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwifk\\_xsPUAhXGOj4KHVN1CVwQ6AEILTAC#v=onepage&q=efectos%20del%20fosforo%20en%20el%20desarrollo%20radicular%20de%20plantulas%20de%20tomate&f=false](https://books.google.com.sv/books?id=q4wzAQAAMAAJ&pg=PA11&dq=efectos+d+el+fosforo+en+el+desarrollo+radicular+de+plantulas+de+tomate&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwifk_xsPUAhXGOj4KHVN1CVwQ6AEILTAC#v=onepage&q=efectos%20del%20fosforo%20en%20el%20desarrollo%20radicular%20de%20plantulas%20de%20tomate&f=false)
- Oranday, P. J. 1973. Influencias de Algunas Presiones Osmóticas en la Germinación de algunas especies. Tesis. UAAAN Saltillo, Coahuila. México. 35. Pág. (En línea). Consultado el 26 de julio de 2017. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6346/T14889%20TRINIDAD%20ANGEL%2C%20SAMUEL%20%2058678.pdf?sequence=1>



- Paulitz, T.C. (2001). Biological control in greenhouse systems. *Phytopath.*9 pág. (En línea) Consultado el 10 de enero de 2017 .Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Quinonez-Mario.pdf>
- Pastor Eduardo.1995a. Harinas especiales: Procesos, desarrollo y mercado. *Revista Pesca.*Mayo-Junio.30 pág. (En línea) consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en:[http://www.faviolajimenez.com/wpcontent/uploads/2012/08/007\\_tesis\\_agraria.pdf](http://www.faviolajimenez.com/wpcontent/uploads/2012/08/007_tesis_agraria.pdf)
- Pastor, J. 2000b.Utilización de sustratos en vivero. Universidad de Lleida, Dpto. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Madrid, España. 5 pág. (En línea) Consultado el 2 de junio de 2016.Disponible en:<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm9711c/doc/fifm9711c.pdf>
- Pilarte, F. 2010. Función de los elementos esenciales en los cultivos.18 pág. (En línea) Consultado el 13 de febrero de 2017. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12268/SANDOVAL%20ESTRADA%20PEDRO%20-%20B101523.pdf>
- Quintanilla Alas, 2010. “industrialización de la fibra de estopa de coco”. (Tesis) Ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería industrial. Universidad de el salvador .El Salvador; Centro América.100-224 pág. (En línea) Consultado el 10 de noviembre 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/431/1/10136579.pdf>
- Rodríguez, M. R.; Alcantar, G. E. G.; Iñiguez, C. G.; Zamora, N. J. F.; García, L. P. M.; Ruiz, L. M. A.; Salcedo, P. E. (2010). Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero, *Interciencia* 35 (7): 515-520. 5 pág (En línea) Consultado el 19 de mayo 2016. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/38/1/Tesis%20MAP%20Josafat%20Alvarado%20Camarillo%20%20Oct%2024%202013.pdf>

- Ramírez, L. 2000a. Algunos avances en la morfogénesis de la teca (*Tectona grandis*). Tesis para optar por el grado de Master en Ciencias. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. 55 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: [90.187.112.98/webiiap/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQUES/PU/66.pdf](http://90.187.112.98/webiiap/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQUES/PU/66.pdf)
- Rodríguez, C. 1994b. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Oregón. Estados Unidos. 66-68 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://190.187.112.98/webiiap/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQUES/PU/66.pdf>
- Romero, A. et al. 2009. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Escuela de Ingeniería Agroforestal. 144 pág. Consultado el 17 de Julio de 2017.
- Souza, F. 1993. Cascarilla de arroz carbonizada: un sustrato para la propagación de plantas. CNPAI/EMBRAPA. Revista Lavoura Arrozreira V. 46 nº. 406 jan./fev. Brasil. 11 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://190.187.112.98/webiiap/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQUES/PU/66.pdf>
- Shany M. 2004. Producción de hortalizas en condiciones tecnificadas, Ministerio de Relaciones Exteriores de Israel Centro de Cooperación Internacional. Edición Rosenthal, Managua, Nicaragua 65.18 pág. (En línea) Consultado el 21 de mayo de 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>
- Smith S.E. y Read D.J. 1998. Micorrizal simbiosis, San diego USA, Academic. Press. 25 pág. (En línea) Consultado el 14 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Terés, T. V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España. 16 pág. (En línea) Consultado el 15 de mayo 2017. Disponible en: <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/273.pdf>

Urrestarazu M. G. 2004. Tratado de cultivo sin suelo, Servicios de publicaciones Universidad de Almería, 3ª Edición, Grupo Mundi-prensa, Madrid. España. 903 .19 pág. (En línea) Consultado el 21 de mayo de 2016. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/3705/1/TES%204u.pdf>.

Van der Heijden M.G.A. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi as a determinant of plant diversity: in search of underlying mechanisms and general principles. *Ecological Studies*, 243- 265 pág. (En línea) Consultado el 14 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Zaldívar Javier. 1996. La calidad de la harina de pescado y sus formas de control. *Revista chile pesquero* n° 95. Noviembre. 19-12 pág. (En línea) consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: [http://www.faviolajimenez.com/wp-content/uploads/2012/08/007\\_tesis\\_agraria.pdf](http://www.faviolajimenez.com/wp-content/uploads/2012/08/007_tesis_agraria.pdf)

Zárate, B. (2007). Tesis “Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) Hidropónico con sustratos bajo invernadero”, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México, 176.8p Maderas y Bosques, Vol. 16, No. 2. 7-18 pág. Instituto de Ecología, A.C. México (En línea) Consultado el 15 de mayo 2016. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/14/Vasquez-Sammy.pdf>

Zúñiga, 2014. Caracterización y evaluación de sustratos alternativos para la producción de plántula de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), (Tesis) Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Mexico, san Luis Potosí. 22 pág. (En línea) Consultado el 17 de junio 2017. Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3472/2/IAF1PLA01401.pdf>

# ANEXO

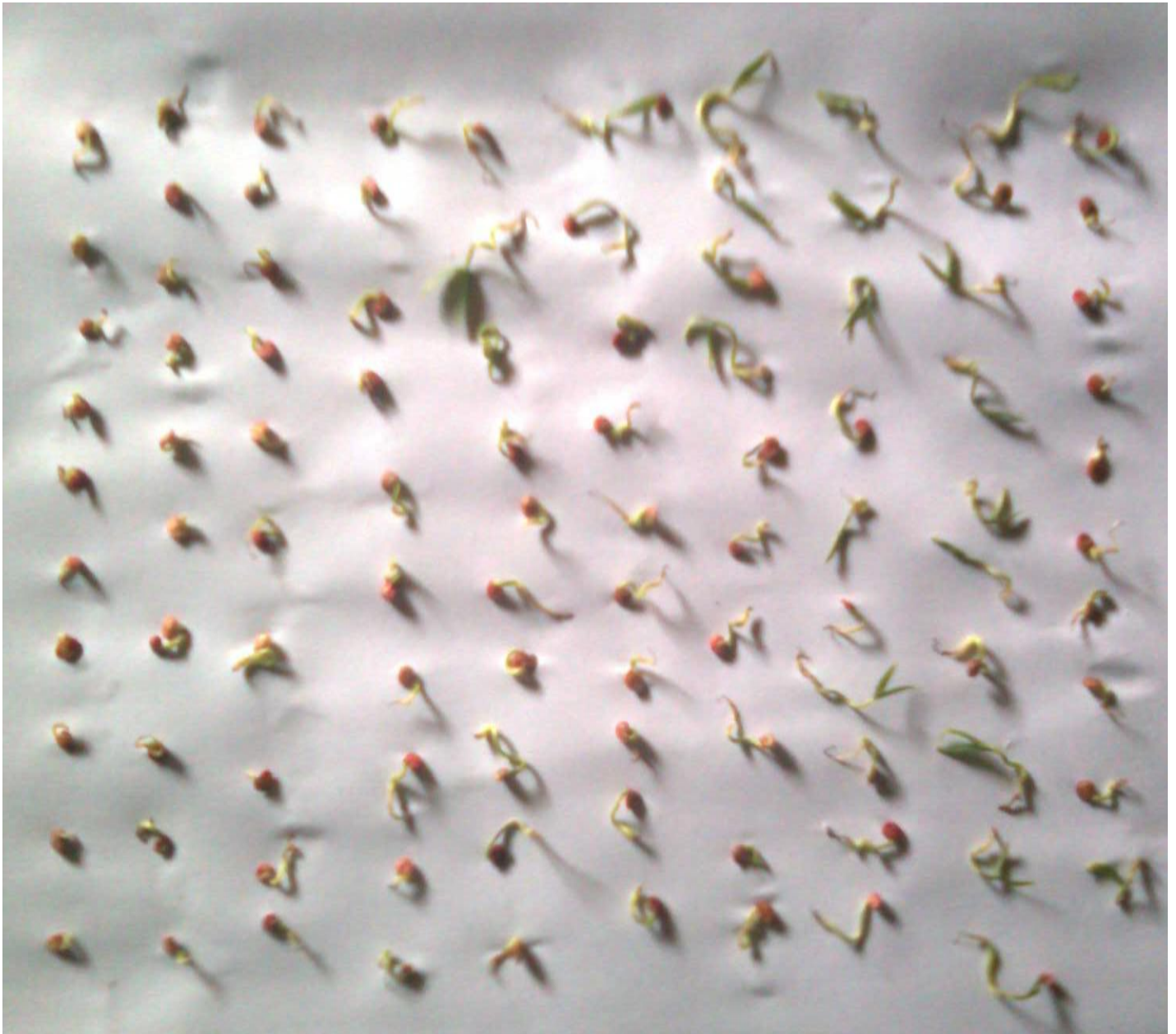


Figura A- 1 prueba de germinación



Figura A- 2. Recolección e identificación de los diferentes subproductos agroindustriales.

A) Contacto con proveedor de harina de pescado, B) inspección del tratamiento de harina de pescado, C) harina de pescado en proceso de secado, D) harina ya seca, E) cascarilla de arroz tamizada, F) fibra de coco tamizada.





Figura A- 3. Pesado y auto clavado de los subproductos agroindustriales

A) cálculo de la cantidad para pesado, B) pesado de la muestra, C) envasado para el auto clavado, D) Colocación de muestras en filtro, E) Tapado de autoclave, F) programación de autoclave a 1.5 psi, G) Retiro de muestras de autoclave, H) Enfriamiento de las muestras después de retiradas del autoclave, I) Envasado de las muestras



Figura A- 4. Pesado de las diferentes mezclas de los tratamientos para realizar análisis físico químico

A) muestras de sustratos, B) calculo de cantidad de muestra para su respectivo analisis, C) pesado de muestras, D) clasificado de muestras por tratamiento.



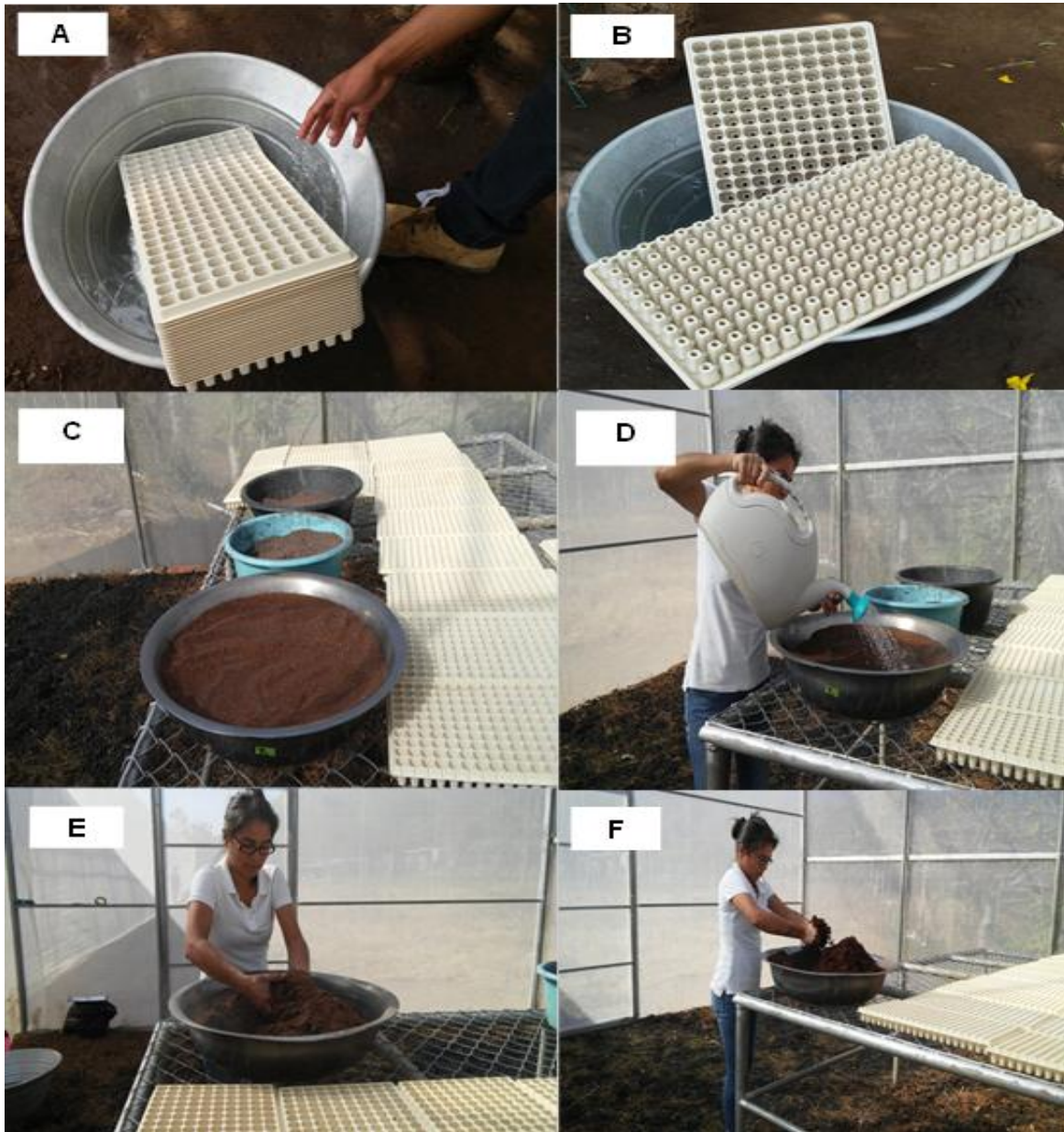


Figura A- 5. Desinfección de bandejas y preparación del sustrato

A) aplicación de sinfctante hipoclorito de sodio en bandejas, B) tiempo de desinfeccion 5 minutos, C) preparado del sustrado, D) aplicación de agua a los sustratos E) humedecido de sustratos, F) homogenizado y empapado de sustrato.

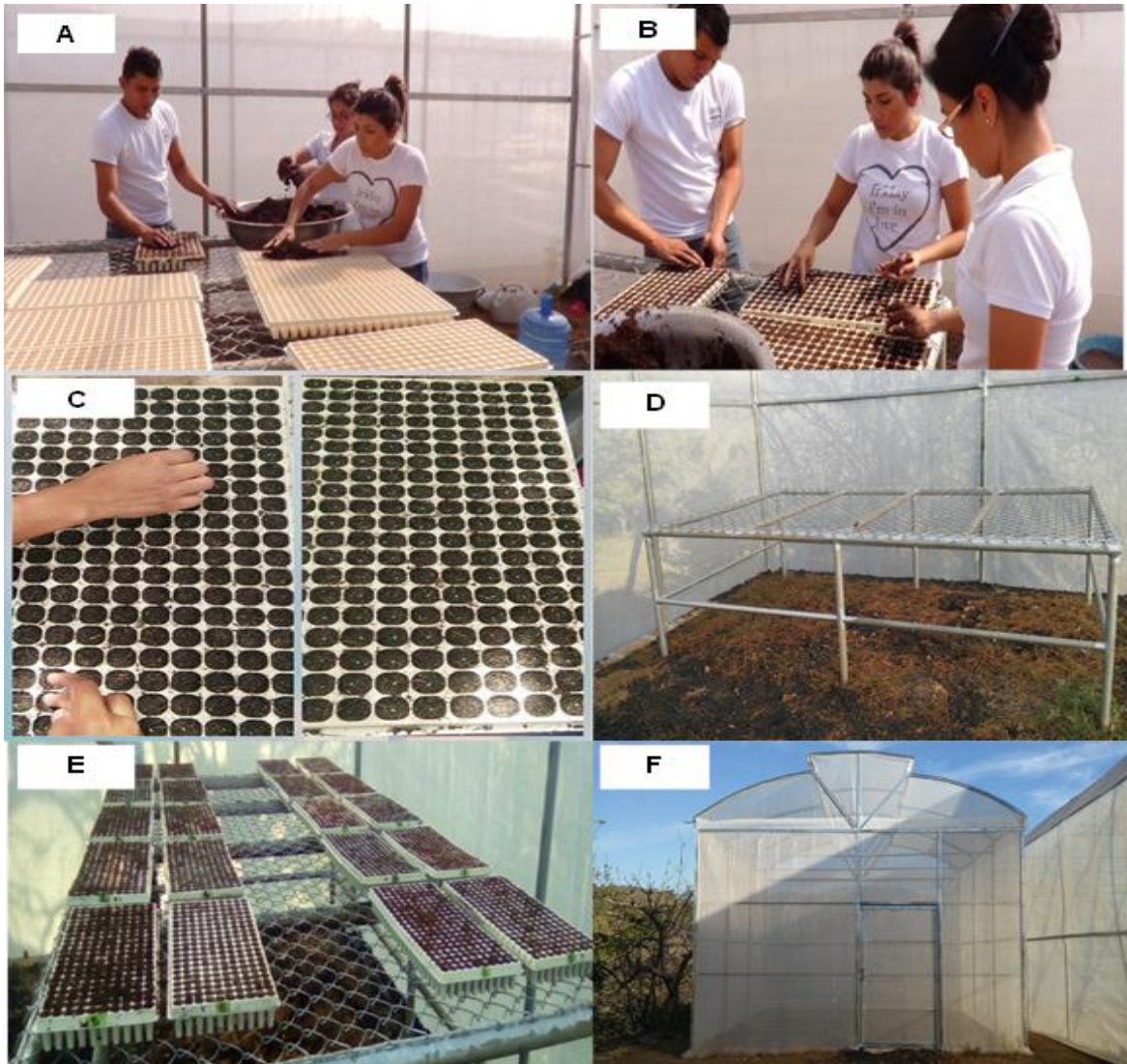


Figura A- 6. Llenado de bandejas y siembra de la semilla de tomate

A) llenado de bandejas, B) compactado de sustrato, C) siembra de la semilla, D) entarimado para la colocacion de los diferentes tratamientos, E) arreglo de experimento, F) vista frontal de invernadero (semillero).





Figura A- 7. Análisis de las propiedades físicas de los sustratos

A) pesado de 3 muestras por tratamiento para determinación de densidad aparente, B) toma de muestra en probeta para cálculo de densidad real , C) probeta con sustrato, D) aplicación de 5 ml agua para cálculo densidad real, E) reposado de la muestra para obtener una lectura real, F) toma de datos y cálculo matemáticos para determinar porosidad.

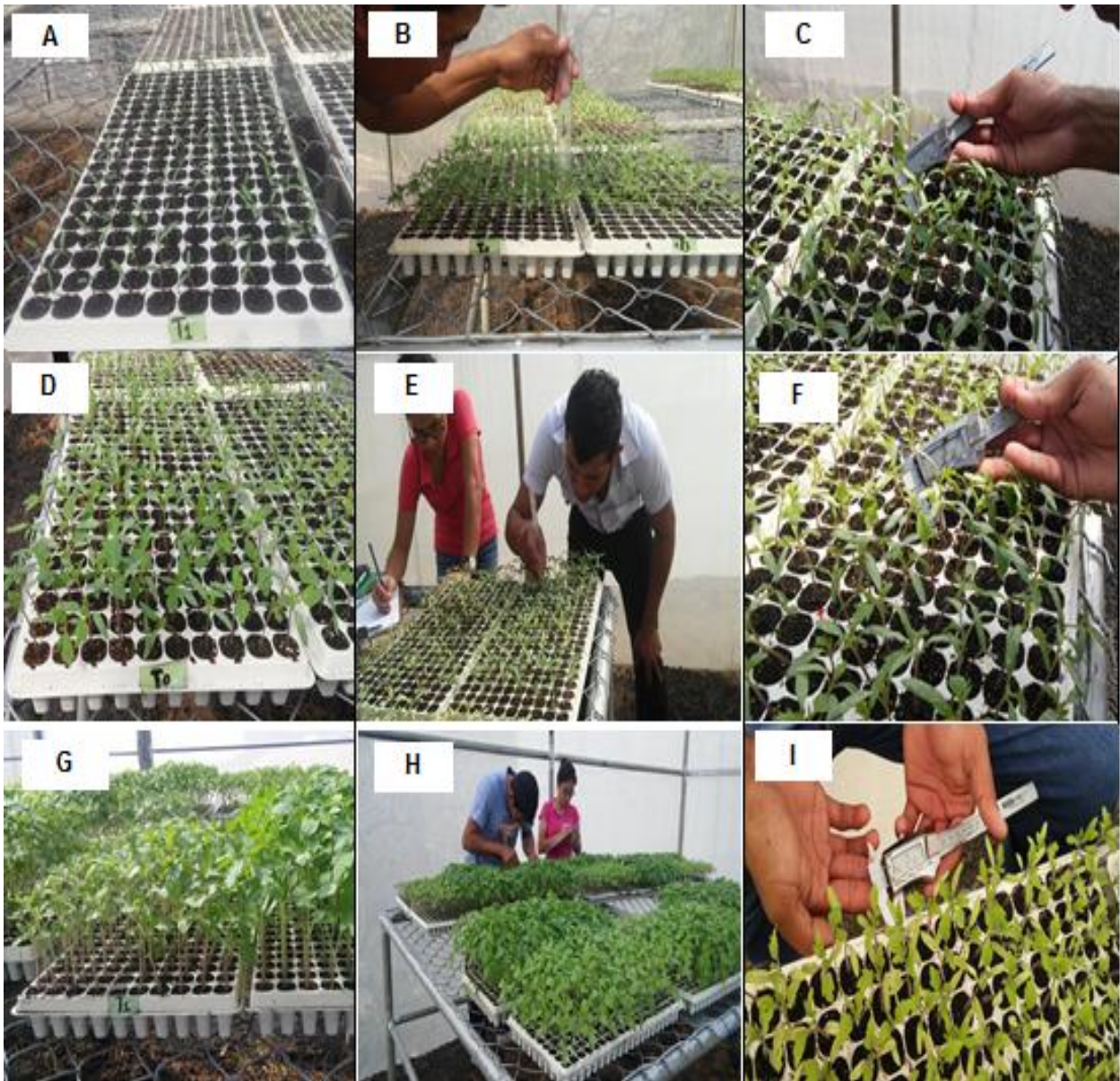


Figura A- 8. Toma de datos para germinación, altura de la planta y diámetro del tallo para la semana uno, dos y tres

A) Germinación, altura y diámetro de tallo B) altura y diámetro de tallo C) altura y diámetro de tallo



## LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / lquimicaagricola.centa@gmail.com

San Andrés, 25 de mayo de 2017.

Proyecto de Investigación  
**"Uso de Subproductos Agroindustriales en la formulación de Sustratos"**  
Srita. Zuleyma de Mercedes Lovato

Muestra: **Sustrato**  
Identificación: **Sustrato T1**  
Lugar de recolección de muestra: **Lot. Agricaña, Fte. Ingenio Jiboa**  
Fecha de recibido: **12/05/2017**

### RESULTADOS (BASE SECA)

No.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	pH	Conductividad (µmhos)
240	Sustrato T1	33.10	1.20	2.05	0.33	3.98	0.19	5.74	1838

**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de material recibida por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Amanda de Arévalo



Iriga. Grecia Henríquez de Chávez  
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Figura A- 9. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T<sub>1</sub>

## LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / lquimicaagricola.centa@gmail.com

San Andrés, 25 de mayo de 2017.

Proyecto de Investigación

**"Uso de Subproductos Agroindustriales en la formulación de Sustratos"**

Srita. Zuleyma de Mercedes Lovato

Muestra: Sustrato  
Identificación: Sustrato T2  
Lugar de recolección de muestra: Lot. Agricaña, Fte. Ingenio Jiboa  
Fecha de recibido: 12/05/2017

### RESULTADOS (BASE SECA)

No.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	pH	Conductividad (µmhos)
241	Sustrato T2	23.21	1.33	2.63	0.33	5.31	0.20	5.53	1743

**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de material recibida por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Héctor Shunico



Inga. Grecia Henríquez de Chávez  
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Figura A- 10. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T<sub>2</sub>

## LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / lquimicaagricola.centa@gmail.com

San Andrés, 25 de mayo de 2017.

Proyecto de Investigación

**"Uso de Subproductos Agroindustriales en la formulación de Sustratos"**

Srita. Zuleyma de Mercedes Lovato

Muestra:	Sustrato
Identificación:	Sustrato T3
Lugar de recolección de muestra:	Lot. Agricaña, Fte. Ingenio Jiboa
Fecha de recibido:	12/05/2017

### RESULTADOS (BASE SECA)

No.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	pH	Conductividad (μmhos)
242	Sustrato T3	19.86	1.65	3.63	0.31	7.33	0.23	5.48	1311

**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de material recibida por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Inga. MSc. Marisa Canales



Inga. Grecia Henríquez de Chávez  
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Figura A- 11. Análisis físico-químico la mezcla de sustrato T<sub>3</sub>

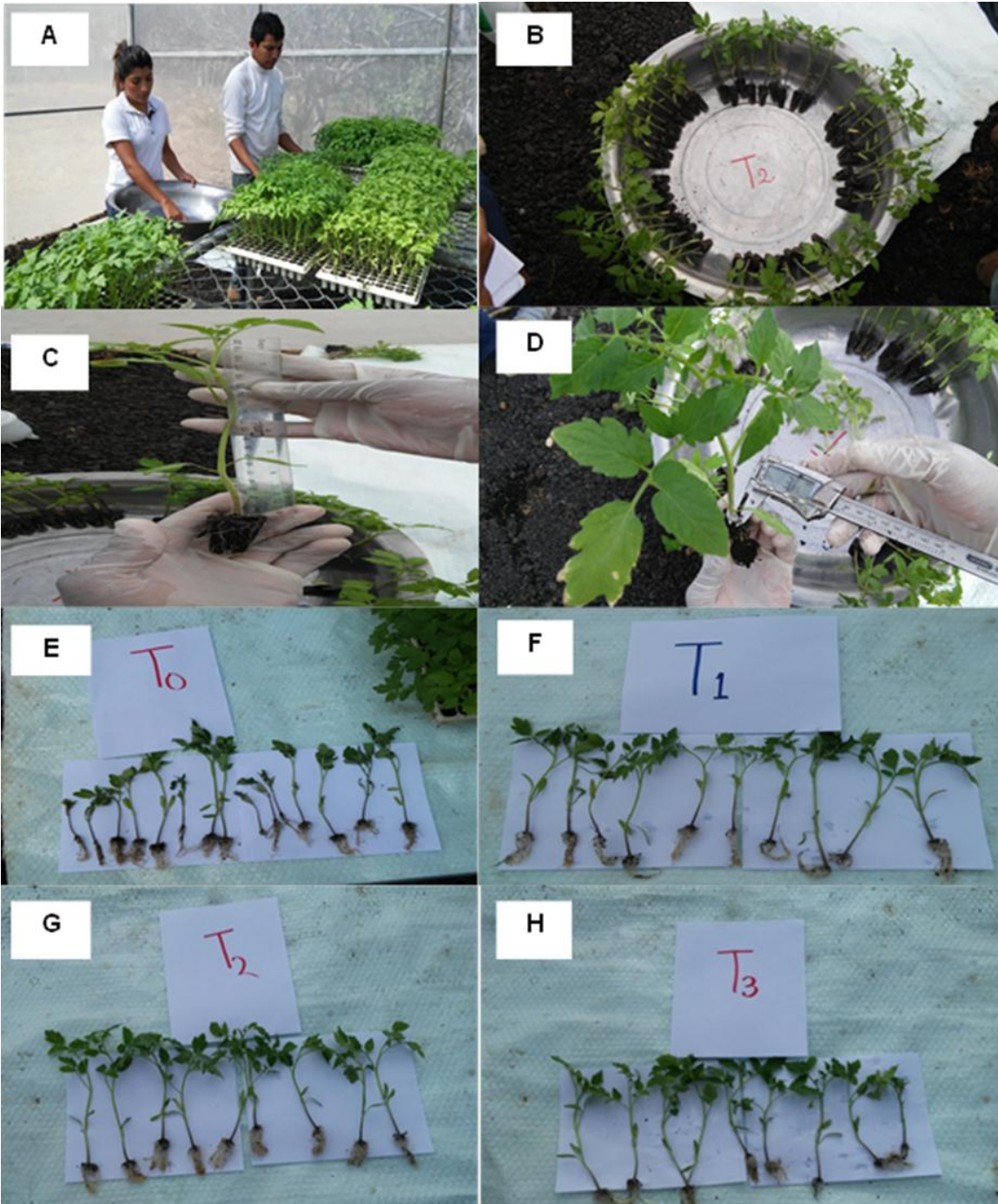


Figura A- 12. A) Extracción de plantines para toma de datos, B) selección de plantines para toma de datos, C) toma datos en altura de plantín, D) lectura en diámetro del tallo, E) conteo de raíz en la cuarta semana de los diferentes tratamientos.