

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**MATERIALES ORGÁNICOS EN LA ELABORACIÓN DE  
SISTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA.**

Por:  
CARLOS J. NAVARRO D.  
C.I.P: 7-710-1343

Asesora:  
Profesora Lourdes Rubatino

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2021

MATERIALES ORGÁNICOS EN LA ELABORACIÓN DE  
SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA.

TRABAJO DE GRADO SOMETIDO A LA CONSIDERACIÓN  
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANEJO  
DE CUENCAS Y AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRICOLA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

APROBADO:

MIEMBROS DEL COMITÉ APROBACIÓN DE LA TESIS

NOMBRES

FIRMAS

DIRECTOR: Mgtr. Lourdes Rubatino \_\_\_\_\_

COMITÉ: PhD. Anovel Barba \_\_\_\_\_

COMITÉ: Mgtr. Jesús Vásquez \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

A mi madre Dalbis De León, por ser una guerrera incansable y desde el momento en que abrí los ojos en este mundo, estar conmigo luchando cada batalla que la vida me ha dado. Gracias madre mía por nunca rendirte y siempre ser mi aliento e impulsarme a seguir adelante, por eso en esta ocasión te dedico mi más grande logro alcanzado hasta el día de hoy, porque puedo decir que este triunfo es más tuyo que mío por toda tu dedicación y entrega.

También quiero dedicar esta tesis hasta lo más alto del cielo, a mi ángel de la guarda, mi querida y recordada abuela Pastora Vega.

**Carlos**

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, a DIOS, a mis padres, mi hermano Daniel, abuelos y demás familiares, en especial a mi mamá por siempre brindarme todo el apoyo para poder realizar mi educación y ser un pilar fundamental dentro de ella, a mi abuelo Miguel por toda la ayuda aportada en cada momento que lo necesite, a mi tío Agustín Navarro M, por todos los consejos brindados y a mis primas Markelys Vargas, Milagros Navarro y familia por abrirme las puertas de su hogar y hacerme parte de él.

A los profesores que aportaron sus conocimientos para forjar en mi un profesional de bien.

A mis queridos profesores asesores: La Mgter. Lourdes Rubatino (asesora de este proyecto investigativo), al Dr. Anovel Barba y al Mgter. Jesús Vásquez, por ser ustedes ese faro de entendimiento que alumbro mi camino hacia esta anhelada meta.

A los distinguidos y apreciados docentes: Yira Díaz, Edgar Chacón, Berta Carrera, Dimas Arcia, Francisco Mora, Ricardo Rivera y Aris Pitty.

A las Licenciadas Xiomara Gómez y Susana, por siempre tener esa dedicación y disponibilidad de ayudarme en todo momento.

Yo estoy convencido que Dios coloca ángeles en nuestro camino para ayudarnos hacer nuestras cargas más llevaderas y así llegar hasta la anhelada meta, es por eso que quiero mencionar: a la Familia Jaén propietarios del vivero Jadel, Ramiro Bravo y la Sra. Elizabeth González, Eyra De Gracia, Ilarisa Rivera, Edilberto y Rey Moreno, Alissandro Moreno, Lavinia Samaniego, Mgter. Luz Martínez, Franklin Moreno, Didio Sáez y José Cortez, quienes colaboraron conmigo en el aporte de materiales para la conformación de los sustratos y así poder realizar de manera exitosa los procesos de experimentación, para ustedes muchísimas gracias por todo su apoyo.

Al cuerpo directivo y personal de la Cooperativa el Progreso, en especial al Sr Edwin Navarro e Idalidis Batista, por creer en este proyecto y facilitarme los invernaderos donde realice mi trabajo de investigación, al Sr Cipriano Norato por siempre estar pendiente del cultivo, por sus consejos y recomendaciones.

Hay personas que para mí es imprescindible mencionar quienes desde el día uno estuvieron brindándome su apoyo, su voz de aliento, sus consejos y dándome su mano amiga desde los salones de clases hasta poder materializar los objetivos de este proyecto tesis; Yurybell, Carmen Nazareth, y José Miguel, Gracias por toda su dedicación para conmigo y comprometerse de una manera tan especial para poder culminar esta meta, siempre recordare que me extendieron sus manos cuando las mías ya no eran suficientes. A Nodbier,

Alison, Xilenys y Víctor, gracias por siempre tener esa disposición conmigo. Ingrid, Jorge, Ilian, Nataly, Nikky, Cristanys, Javier, Abdiel, Álvaro, Jossy, Sebastián y Omar, gracias por toda esa ayuda brindada. Al Mgter. Marko Moscoso un millón de gracias por todo su apoyo y a todo el personal de MI AMBIENTE agencia Macaracas, en especial a Moisés y Nilvia.

A mis compañeros de salón, gracias por esos cuatro años de bonitos momentos y experiencias compartidas, siempre los recordare con mucho cariño.

No puedo dejar de mencionar a personas que se tomaron este proyecto como si fuera suyo, brindándome toda esa ayuda, conocimiento y trabajo para poder culminar de manera excelente esta investigación, siendo ellos mentes maestras tras este proyecto: Ing. Félix Mendieta y el Sr Toño Mendieta, Ing. Emilio Vásquez, Ing. Manuel Barrios y el Mgter. Luis Alberto Barahona, siempre tendrán mi gratitud eterna, porque por ustedes es que hoy puedo decir lo logre.

Quizás en otrora hubo personas que dejaron sus huellas en este caminar, otros que por algún motivo se me quedan sin mencionar, quiero que sepan que si los omití fue porque lo olvide de manera inconsciente, para ustedes disculpas y mil gracias por formar parte de esta gran experiencia.

Para finalizar, puedo decir que jamás me alcanzaran las palabras y la vida para agradecerles a todos ustedes todo lo que han hecho por mí a lo largo de estos 5 años de universidad, solo me resta pedirle a Dios que derrame sobre ustedes miles de bendiciones y abundante salud para que podamos seguir compartiendo muchos éxitos en el venidero futuro.

**Carlos**

## RESUMEN

El presente proyecto investigativo se denomina: “*Materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción hortícola*”. El mismo se desarrolló en los invernaderos (casa de cultivo) de la cooperativa El Progreso R.L, ubicados en el corregimiento de Tres Quebradas, distrito de los Santos, Provincia de Los Santos. Dicho proyecto tuvo como objetivo el analizar materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción hortícola, El mismo se justifica en el aprovechamiento del aserrín y la viruta como material de desecho en la industria ebanista, la cual es muy abundante en la zona, por ese motivo se le dio un manejo compostable a esta materia prima para aprovechar sus beneficios como componentes de sustratos para abonos orgánicos, aplicables a producciones agrícolas. Basados en dicho motivo se utilizaron los materiales antes mencionados en la creación de sustratos para la modalidad organopónica del proyecto, la misma se comparó con otra modalidad (hidropónica) que también conforma dicho estudio de investigación. El ideal de emplear esta materia prima (aserrín y viruta) tiene su fundamento en buscar alternativas de producción más amigables con el ambiente y que no involucren y expongan de manera directa los recursos naturales, basado en esta premisa eco amigable también se empleó un manejo más adecuado a estos desechos (aserrín y viruta) y así evitar que el exceso de su presencia llegue a ser un problema para la naturaleza, por ende, para lograr estos cometidos se emplearon alternativas de producción más limpia basado en la reutilización de productos de desechos en este caso enfocados a la creación de sustratos para producciones agrícolas organopónicas. Para la realización de dicho proyecto se establecieron las modalidades antes mencionadas (hidropónica y Organopónica), las mismas fueron acompañadas de un testigo. La modalidad organopónica, se trata de un sustrato conformado por los siguientes materiales: Compost o compostaje, el mismo contuvo: Tierra negra 45%, estiércol animal (caprinaza 28%, estiércol de conejo 7%), cascarilla de arroz 20%. Aserrín y viruta descompuesta, esta modalidad se estableció en 3 tratamientos, los mismos son conformados por 2 porcentajes nutricionales distintos en su contenido dentro del sustrato, los cuales manejan de la siguiente manera: organopónico 1 (Composta 50% y aserrín y viruta 50%), organopónico 2 (Composta 25% y aserrín y viruta 75%) y organopónico 3 (Composta 75% y aserrín y viruta 25%). La modalidad hidropónica basó su producción en fibra de coco (100%) e irrigada por una solución nutritiva (Mix de fertilizantes sintéticos y agua). El testigo basó su sustrato en fibra de coco (100%) y agua natural del pozo. Para darle forma a este proyecto se instauró un diseño completamente al azar dentro de las instalaciones del invernadero (casa de cultivo), lo que indica valga la redundancia en la colocación de las 45 bolsas que conforman los tratamientos (8 por cada tratamiento y una réplica por cada uno) de manera aleatoria en tres parcelas. La siembra del rubro escogido Habichuela (*Phaseolus vulgaris*) semilla criolla nacional, se dio el día 24 de octubre de 2020, el

proyecto tuvo una duración de 67 días, ya que la última cosecha se realizó el 30 de diciembre de 2020. La siembra se dio a razón de una semilla por bolsa para cada tratamiento, y dos semillas por bolsa r (por si había que sustituir algún plantón) posteriormente se ralearon los sobrantes. Fertilización, Modalidad hidropónica: La fertilización se hizo a través del riego, en la cual se le aplicó una solución nutricional directamente al agua (Solución Steiner). Modalidad organopónica: En este caso la fertilización se dio de tipo orgánica, la cual se llevó directamente a través del sustrato, en el caso de la modalidad hidropónica se dieron ocho fertilizaciones, comenzando el 7 de noviembre y terminando el 22 de diciembre de 2020. El riego se realizó por sistema de goteo, el mismo se adecuó a medidas de avances de las etapas fenológicas del cultivo, debido a que el requerimiento de la planta, los cuales fueron monitoreados y modificados en las diferentes etapas crecimiento de plántulas, floración y fructificación, esta última etapa fue monitoreada hasta el día de la cosecha final. Dentro de las variables que se tomaron en cuenta para estimar los resultados estaban: Variables cuantitativas continuas (Peso de habichuelas (g) cosechada por planta, tamaño promedio de la habichuela largo y ancho cosechadas por tratamientos (cm), rendimientos por tratamiento, entre otras) Variables discretas (cantidad de habichuelas cosechadas por plantas, cantidad de flores por planta entre otras) al finalizar la última cosecha la obtención de datos a través del análisis de estas variables fueron de vital importancia, ya que con estos datos se realizaron análisis estadísticos (análisis de varianza, prueba de comparación de medidas con Duncan y análisis multivariado de componentes principales) para revelar la eficacia de los tratamientos. Estos análisis nos dieron como resultando al final la eficacia de los tratamientos, los cuales se compararon en una relación beneficio costo, basado en sus presupuestos parciales, resultando más rentables y productivos la modalidad organopónica para el tratamiento organopónico 2 (t3) (Composta 25% y aserrín y viruta 75%) es el más recomendado el cual requiere poca inversión, generando un buen rendimiento y como segunda opción la modalidad hidropónica para el tratamiento 1 la cual genera gran producción, pero su costo de inversión es elevado a comparación del organopónico, por lo tanto se encuentran beneficios económicos en un segundo ciclo de cultivo. Al finalizar la realización de este proyecto de tesis pudimos comprobar a través de análisis de laboratorios aplicados a las muestras de sustratos que todavía se mantiene un contenido suficiente de nutrientes dentro de dichas muestras lo que nos lleva a concluir que se pueden emplear nuevamente en otro ciclo de producción, ya que como se conoce la materia orgánica entre más se degrada más nutrientes se liberan enriqueciendo el sustrato, por lo tanto la eficacia del aserrín y la viruta como componentes esenciales para la realización de sustratos en cultivos organopónicos es muy buena para el cultivo de la habichuela.

**Palabras clave:** sustrato, materiales orgánicos, producción agrícola.

## ABSTRACT

This research project is called: "Organic materials for the preparation of substrates for horticultural production". It was developed in the greenhouses of the El Progreso R.L cooperative, located in the town of Tres Quebradas, Los Santos district, Los Santos Province. This project aimed to analyze organic materials for the preparation of substrates for horticultural production, it is justified in the use of sawdust and shavings as waste material in the cabinetmaking industry, which is very abundant in the area, for this reason, a compostable management was given to this raw material to take advantage of its benefits as components of substrates for organic fertilizers, applicable to agricultural productions. Based on this reason, the aforementioned materials were used in the creation of substrates for the organoponic modality of the project, it was compared with another modality (hydroponic) that also makes up said research study. The ideal of using this raw material (sawdust and shavings) is based on seeking more environmentally friendly production alternatives that do not involve and directly expose natural resources, based on this eco-friendly premise, a more environmentally friendly management was also used. suitable to these wastes (sawdust and shavings) and thus avoid that its excess presence becomes a problem for nature, therefore, to achieve these tasks, cleaner production alternatives were used based on the reuse of waste products in this case focused on the creation of substrates for organoponic agricultural productions. To carry out this project, the aforementioned modalities (hydroponic and organoponic) were established, they were accompanied by a witness. The organoponic modality, it is a substrate made up of the following materials: Compost or composting, it contained: Black earth 45%, animal manure (goat 28%, rabbit manure 7%), rice husk 20%. Sawdust and decomposed shavings, this modality was established in 3 treatments, they are made up of 2 different nutritional percentages in their content within the substrate, which were handled as follows: organoponic 1 (Compost 50% and sawdust and shavings 50%) , organoponic 2 (Compost 25% and sawdust and shavings 75%) and organoponic 3 (Compost 75% and sawdust and shavings 25%). The hydroponic modality based its production on coconut fiber (100%) and irrigated by a nutrient solution (Mix of synthetic fertilizers and water). The witness based his substrate on coconut fiber (100%) and natural water from the well. To give shape to this project, a completely random design was established within the greenhouse facilities, which indicates the redundancy in the placement of the 45 bags that make up the treatments (8 for each treatment and a replica for each) of randomly in three plots. The sowing of the chosen item Bean (*Phaseolus vulgaris*) national Creole seed, took place on October 24, 2020, the project lasted 67 days, since the last harvest was carried out on December 30, 2020. The sowing was given at the rate of one seed per bag for each treatment, and two seeds per bag r (in case a seedling had to be replaced) later the leftovers were thinned out. Fertilization, Hydroponic modality: Fertilization was done through irrigation, in which a nutritional solution was applied directly to the water (Steiner Solution). Organoponic modality: In this case, the fertilization was organic, which was carried directly through the substrate, in the case of the hydroponic modality, 8 fertilizations were given, beginning on November 7 and ending on December 22, 2020. Irrigation was carried out by drip system, it was adapted to measures of progress of the phenological stages of the crop, due to the requirement of the plant, which were



monitored and modified in the different stages of seedling growth, flowering and fruiting. , this last stage was monitored until the day of the final harvest. Among the variables that were taken into account to estimate the results were: Continuous quantitative variables (Weight of beans (g) harvested per plant, average size of long and wide beans harvested by treatments (cm), yields per treatment, among others ) Discrete variables (number of beans harvested by plants, number of flowers per plant, among others) at the end of the last harvest, obtaining data through the analysis of these variables were of vital importance, since statistical analyzes were carried out with these data ( analysis of variance, Duncan's comparison test of measures, and multivariate principal component analysis) to reveal the efficacy of treatments. These analyzes resulted in the efficacy of the treatments, which were compared in a cost-benefit relation, based on their partial budgets, resulting in the most profitable and productive the organoponic modality for the organoponic treatment 2 (t3) (Compost 25% and sawdust and shavings 75%) is the most recommended which requires little investment, generating a good yield and as a second option the hydroponic modality for treatment 1 which generates large production, but its investment cost is high compared to the organoponic one. therefore, economic benefits are found in a second crop cycle. Upon finalizing the completion of this thesis project, we were able to verify through laboratory analysis applied to the substrate samples that a sufficient content of nutrients is still maintained within said samples, which leads us to conclude that they can be used again in another cycle. of production, since as organic matter is known, the more it degrades, the more nutrients are released enriching the substrate, therefore the efficiency of sawdust and shavings as essential components for the realization of substrates in organoponic crops is very good for cultivation. of the bean.

**Keywords:** substrate, organic materials, agricultural production.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del tema a investigar	2
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos	8
1.5 Hipótesis	9
1.6 Alcance y limitaciones del estudio	9
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>11</b>
2.1 Cultivos organopónicos	12
2.1.1 Concepto.	12
2.1.2 Características	12
2.1.3 Herramientas	12

2.2 Materia orgánica	
2.2.1 Definición	14
2.2.2 Importancia sobre las propiedades de los suelos	14
2.2.3 Tipo de materia orgánica	15
2.3 Abonos orgánicos.	
2.3.1 Concepto	18
2.3.2 Clasificación	19
2.4 Sustrato	
2.4.1 Concepto	21
2.4.2 Principales sustratos empleados como medio de cultivo	22
2.4.3 Criterios de selección de un buen sustrato	24
2.4.4 Composición de los sustratos de cultivo	25
2.5 Compostaje	
2.5.1 Concepto	26
2.5.2 Ventajas	28
2.5.3 Proceso	30
2.5.4 Principales parámetros de control	32
2.5.5 Aspectos microbiológicos	34
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>40</b>
3.1 Materiales y métodos	41
3.1.1 Materiales	41
3.1.2 Métodos	45

3.2 Parámetros a evaluar	104
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	106
<b>CONCLUSIONES</b>	132
<b>RECOMENDACIONES</b>	134
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	136
<b>ANEXOS</b>	138

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1:</b>	Composición Química De Algunos Materiales Utilizados Para El Compostaje	36
<b>Cuadro 2:</b>	Materiales Experimentales A Utilizar	44
<b>Cuadro 3:</b>	Composición De La Composta	48
<b>Cuadro 4:</b>	Producción De Aserrín Y Viruta Por Procesos Del Flujo Diario	52
<b>Cuadro 5:</b>	Resultado de las muestras analizadas de materiales orgánicos	55
<b>Cuadro 6:</b>	Rangos de concentración de elementos minerales esenciales según diversos autores	62
<b>Cuadro 7:</b>	Resultado de análisis de las muestras de agua	84
<b>Cuadro 8:</b>	Aplicaciones de fertilizantes	95
<b>Cuadro 9:</b>	Periodicidad de riego	99
<b>Cuadro 10:</b>	Medidas De Resumen	107
<b>Cuadro 11:</b>	Análisis De Supuestos	114
<b>Cuadro 12:</b>	Análisis económico parcial de los tratamientos evaluados según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), en base 400m <sup>2</sup>	129

<b>Cuadro 13:</b>	Comparación de contenido de nutrientes por tratamiento, sustrayendo muestras de sustrato antes de la siembra y después de la cosecha.	131
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**ÍNDICE DE GRÁFICAS**

<b>Gráfica 1:</b>	Composición de la composta	48
<b>Gráfica 2:</b>	Producción de aserrín y viruta por proceso del flujo diario	53
<b>Gráfica 3:</b>	Curva de absorción del nitrógeno por etapa fenológica del cultivo de la habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	60
<b>Gráfica 4:</b>	Curva de absorción del fósforo por etapa fenológica del cultivo de la habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	67
<b>Gráfica 5:</b>	Curva de absorción del potasio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	70
<b>Gráfica 6:</b>	Curva de absorción del calcio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	73
<b>Gráfica 7:</b>	Curva de absorción del magnesio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	76
<b>Gráfica 8:</b>	Riego	108
<b>Gráfica 9:</b>	Temperatura	109
<b>Gráfica 10:</b>	Humedad relativa	111
<b>Gráfica 11:</b>	Radiación solar	113

<b>Gráfica 12:</b>	Días De Germinación	115
<b>Gráfica 13:</b>	Altura De Planta	116
<b>Gráfica 14:</b>	Largo de la hoja	117
<b>Gráfica 15:</b>	Índice diferencial de vegetación normalizado	118
<b>Gráfica 16:</b>	Guías por planta	119
<b>Gráfica 17:</b>	Vainas por planta	120
<b>Gráfica 18:</b>	Largo de vaina	121
<b>Gráfica 19:</b>	Diámetro de vaina	122
<b>Gráfica 20:</b>	Peso promedio por vaina	123
<b>Gráfica 21:</b>	Rendimiento por planta	124
<b>Gráfica 22:</b>	Materia seca	125
<b>Gráfica 23:</b>	Producción de biomasa seca	126
<b>Gráfica 24:</b>	Peso de raíz	127
<b>Gráfica 25:</b>	Explicación de varianza	128



**Gráfica 26:** Curva de beneficios netos (Habichuela)

130

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1:	Compostaje	139
Anexo 2:	Aserrín y viruta	140
Anexo 3:	Aforo De Los Goteros Y Adecuación De Las Instalaciones	141
Anexo 4:	Mezcla De Materiales Para El Sustrato (Aserrín Y Viruta Con La Composta, Fibra De Coco Y Carbón) Y Pesado De Las Proporciones Y Llenado De Bolsas	142
Anexo 5:	Planificación De Colocación De Bolsas Completamente Al Azar, Siembra De Semillas, Riego De Plantones	143
Anexo 6:	Germinación, Preparación De Solución Nutricional Para El Tratamiento Hidropónico Y Mediciones De Niveles De Conductividad Y ph Del Fertirriego	144
Anexo 7:	Colocación De Cuerdas Para Tutorado, Etapa De Crecimiento Y Aparición De Guías Y Floración	145
Anexo 8:	Aparición De Vainas, Crecimiento De Plantas Y Engordes De Vainas, Plantas Con Habichuelas De Cosecha	146
Anexo 9:	Muestreo Para Obtener El NDVI: Índice Diferencial De Vegetación Normalizado	147

Anexo 10:	Obtención De La Planta Para Conocer El Peso De Biomasa, Pesado De Muestras Y Sistemas Radiculares Para Pesar	148
Anexo 11:	Muestra De Habichuelas Cosechadas	149
Anexo 12:	Ubicación del proyecto	150
Anexo 13:	Evidencia de los resultados de los análisis aplicados a las muestras de materiales para el sustrato y el agua del riego	151
Anexo 14:	Certificación de español	153

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el aserrín y la viruta constituyen una rica fuente nutricional para la creación de sustratos orgánicos, capaces de sustituir el uso del suelo natural en ese sentido se presenta un estudio sobre: ***“Materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción hortícola”***.

La presente investigación tendrá como objetivo general: Analizar materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción habichuelas (*Phaseolus vulgaris*), en los Invernaderos o casas de cultivos de la Cooperativa el Progreso, los cuales se ubican en el corregimiento de Tres Quebradas provincia de Los Santos.

En cuanto al tipo de investigación la misma es descriptiva-experimental, estadística inferencial y multivariable, “los estudios descriptivos buscan especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. (Hernández. 2014, p.92).

La unidad experimental estará formada por la siembra de semilla de habichuelas (*Phaseolus vulgaris* L), Se realizó un ensayo de germinación para conocer las propiedades benéficas de los sustratos organopónicos. El proceso en sí de la siembra se llevó de manera directa en el invernadero, colocando una semilla por bolsa, en las bolsas r de cada tratamiento se colocaron dos por bolsa para asegurar si alguna bolsa presenta algún problema y se da la pérdida del plantón, si no hubo cambios, se procedió a ralea (Práctica de reducir el número de plantas en un área o la cantidad de estructuras vegetativas o reproductivas para el óptimo aprovechamiento de los nutrientes presentes en la bolsa ), el plantón sobrante en la

bolsa r a los 13 días luego de germinados, para solo dejar un plantón por bolsa para asegurar la homogeneidad del estudio.

Se utilizó un diseño experimental al azar, formado por cinco (5) tratamientos (dos modalidades y testigo) y ocho (8) repeticiones.

El proyecto que se propone desarrollar está constituido por las siguientes variables:

Cuantitativas continuas: Peso de las habichuelas cosechada por planta (g), tamaño promedio de la habichuela largo y ancho (diámetro) expresado en (cm), altura de la planta (cm), tamaño de hoja seleccionada por planta (cm) y al final de la cosecha un análisis del sistema radicular el cual se expresará en peso (mg) de las raíces por planta. Análisis de biomasa por planta el cual comprende los siguientes parámetros: NDVI Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, Biomasa seca y materia seca.

Variable discreta: Cantidad de habichuelas cosechadas por plantas, Cantidad de flores, cantidad de guías o zarcillos por planta y También se evaluarán los días de germinación por tratamiento.

**CAPÍTULO I**  
**ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Planteamiento del tema a investigar

En la actualidad el uso de sustratos orgánicos en nuestro país aplicables a la producción agrícola se ha ido convirtiendo en una valiosa alternativa con la cual se puede mejorar el rendimiento de distintos cultivos como es el caso de la habichuela (*Phaseolus vulgaris L.*). La cual forma parte de la unidad experimental del presente proyecto investigativo.

En ese sentido el aserrín y la viruta suelen ser un valioso abono orgánico, luego de transcurrido el tiempo requerido para su respectiva descomposición, también proporciona mejoras las características físicas, (textura y estructura del sustrato, ya que este es un material con bajo contenido en humedad y alto contenido en carbono, su degradabilidad es de moderada a pobre. En general, es buen absorbente de humedad y olores. Normalmente está disponible a bajo costo. Se trata de un enmendante del compostaje de bueno a moderado.

Cabe destacar que el compostaje como técnica aplicada a las diferentes actividades agrícolas, permite realizar un manejo diferente de los desperdicios orgánicos que se producen a diario para transformarlos en materia orgánica para el suelo, además de contribuir a la toma de conciencia y educación ambiental en cuanto a la importancia de la producción, la facilidad de producirlo, la aplicación del mismo y de igual forma los beneficios del consumo de los alimentos tratados con estos abonos, y proyectar una visión más amplia en la gestión o tratamiento de estos residuos.

Es propicio señalar que el mal manejo de estos residuos orgánicos muchas veces se convierte en grandes problemas en la naturaleza ya que su mala disposición puede contaminar o alterar los recursos naturales, por ejemplo: tiempo atrás se acostumbraba a quemar el aserrín y la viruta, generando emisiones de humo a la atmosfera contaminando el aire como recurso y afectando la salud de las personas circundantes.

La utilización de estos sustratos orgánicos puede llegar a disminuir el uso de fertilizantes sintéticos los cuales a la larga deterioran la calidad del suelo provocando empobrecimiento del mismo y si se dan malas aplicaciones del agroquímico puede haber perdidas por lixiviados lo que ocasiona la llegada del mismo a cuerpos de aguas y contaminarlos, alterando significativamente estos ecosistemas.

Con el presente proyecto buscamos poder determinar mediante una serie de tratamientos aplicables a la unidad experimental seleccionada la eficacia del aserrín y la viruta en la creación de sustratos para abonos aplicables en producciones agrícolas (organopónicas), de manera tal que se puedan recolectar todas las evidencias posibles que a la final sustenten la viabilidad de los resultados obtenidos.

El proyecto que se propone desarrollar nos permite formular las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la eficiencia de los materiales orgánicos analizados para la elaboración de sustratos aplicables a la producción hortícola en los Invernaderos o casas de cultivo de la Cooperativa el Progreso ubicados en el corregimiento de Tres Quebradas provincia de Los Santos?



- ¿Cuál es el manejo técnico que se le debe dar al aserrín y a la viruta para llevarlo al nivel de sustrato orgánico?
- ¿Cuál es la eficacia de los sustratos orgánicos a base de aserrín y virutas en la modalidad organopónica Vs hidropónica, en el cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*)?
- ¿Cuál es el beneficio costo que se obtiene al realizar un análisis de presupuesto parcial en el rendimiento de cada una de las modalidades?

## 1.2 Antecedentes

Antecedentes internacionales:

“La utilización de los sustratos tiene sus inicios con los cultivos en macetas. Esta práctica surge con la necesidad de transportar plantas ornamentales. Los egipcios, ya hace cuatro mil años, cultivaban árboles en contenedores de madera o piedra conservando este legado en murales”. (Rodríguez, 2016, p.56).

“El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico, el uso de sustratos orgánicos (abonos y productos) se ha fomentado por la agricultura orgánica que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas”. (Nieto, 2002; Márquez, 2008).

“Un sustrato en contendor debe concebirse como un sistema basado en tres fracciones con funciones propias e independientes: i) fracción sólida, asegura el mantenimiento mecánico radicular y la estabilidad de la planta; ii) fracción

líquida, aporta a la planta el agua y por interacción con la fracción sólida aporta nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo y iii) fracción gaseosa, asegura la transferencia de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el entorno radicular, el cual establece la aptitud y utilidad de los materiales utilizados como componentes de sustratos". (Lemaire, 2005).

"Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta de los materiales, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo". (Ramírez, 2002, p.18).

"Un sustrato de cultivo debe estar constituido por un material poroso que permita el desarrollo del sistema radicular de la planta y el acceso a la toma de agua, nutrientes y oxígeno necesarios para su correcto funcionamiento". (Terés, 2001). Antecedentes nacionales:

"El MI AMBIENTE, viene impulsando un plan piloto para el aprovechamiento de este residuo sólido (lodos), como componentes para la elaboración de abono orgánico (compostaje), que sirva para fortalecimiento de la producción de plantones forestales, los cuales contribuirán a mejorar la foresta en el país". (Mi

AMBIENTE, 2020).

Este plan que se viene dando en el vivero institucional de Mi AMBIENTE ubicado en el corregimiento de Chilibre, se realizaron dos ensayos, en el último se impulsó el compostaje utilizando el lodo con diferentes estructurantes (caña de azúcar, restos de frutas y vegetales, cascarilla de arroz y aserrín de maderas). En esta actividad, estuvieron presentes técnicos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), estudiante y profesor de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), la Coordinación de Saneamiento de Panamá y Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y Mi AMBIENTE Dirección Regional de Panamá Norte, las Direcciones Seguridad Hídrica, Dirección de Forestal, Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental.

“El compost, es muy fácil de elaborar. Se prepara con restos de vegetales como hojas, cortes de pasto, ramas delgadas (preferiblemente picadas) y cáscaras de frutas, entre otros. También puede incluir papel, cartón. No debe utilizar plásticos, metales, cartón encerado, restos de pintura”. (Periódico Panamá América, 2006). Sin embargo, el bocashi, un abono orgánico fermentado, posee nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Se obtiene a través de la fermentación de materiales húmedos y secos que se van mezclados. Se puede adquirir por menos de \$2.00 la bolsa.

### **1.3 Justificación**

Un proyecto de esta magnitud se justifica por considerar que en la actualidad el

tema: “Analizar materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción habichuelas” no reporta registro alguno de investigaciones realizadas anteriormente a nivel regional, razón que en primera instancia nos llevó a concretar firmemente la idea e interés por desarrollar un proyecto de este nivel.

La realización del proyecto en mención permitirá conocer realmente cual es la eficacia del aserrín y la viruta en la creación de sustratos para abonos aplicables en producciones agrícolas, muy especialmente cuando se trata de la modalidad organopónica, con lo cual se aprenda a darle el manejo adecuado a estos tipos de residuos generados por la utilización de diferentes maderas que diariamente se procesan en los aserraderos de nuestro país y se pueda reducir de manera significativa el daño ambiental propiciado por tales residuos, cuando son tratados como un desperdicio natural.

Consideramos finalmente, que la realización de este proyecto tendrá un impacto directo tanto para los propietarios de aserraderos y talleres de ebanistería, divido a que la transformación de desecho a un producto aumenta la productividad de estas pequeñas industrias, por lo tanto fomenta al emprendimiento a partir de esta materia prima compostable, por otra parte impactara a la población en general, ya que se incentiva a la población a implementar cultivos verticales en masetas o bolsas en los hogares impulsando la realización de actividades agrícolas que no comprometan al suelo como tal ni exponiéndolo a agroquímicos como fertilizantes y plaguicidas, los cuales pueden tener un efecto nocivo sobre el suelo y la salud de las personas. De

igual manera el presente trabajo investigativo:

- ❖ Contribuye con el proceso de formación académica-intelectual de estudiantes y docentes a nivel regional.
- ❖ Sirve como guía de orientación personal a lectores en general, puesto que en la actualidad no existen proyectos semejantes en la cual el aserrín y la viruta sean la materia base para la elaboración de sustratos orgánicos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Analizar materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción hortícola en las casas de cultivo de la Cooperativa el Progreso ubicados en el corregimiento de Tres Quebradas provincia de Los Santos.

### **1.4.2 Específicos**

- ❖ Describir cuál es el manejo técnico que se le debe dar a los materiales orgánicos para llevarlo al nivel de sustrato orgánico.
- ❖ Evaluar los sustratos orgánicos a base de aserrín y virutas en las modalidades organopónica Vs hidropónica, en el cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).
- ❖ Validar a través de un análisis de presupuesto parcial la relación beneficio costos aplicados al rendimiento de las modalidades de producción.

## 1.5 Hipótesis

La propuesta de investigación del presente proyecto va orientada a probar la veracidad de la siguiente hipótesis:

**Ho:** Los sustratos orgánicos evaluados no poseen una eficacia significativa aplicable para las variables analizadas para el cultivo de habichuela.

**Hi:** Los sustratos orgánicos evaluados poseen una eficacia significativa aplicable para las variables analizadas para el cultivo de habichuela.

## 1.6 Alcance y limitaciones del estudio

### **Alcance:**

Con el presente proyecto se pretende establecer con precisión la eficacia de materiales orgánicos, en especial del aserrín y la viruta en la creación de sustratos para abonos aplicables en producciones hortícolas (organopónicas) en este caso utilizando el rubro de la habichuela, de manera tal que se puedan conocer el valor nutricional de tales residuos orgánicos y se les pueda dar un aprovechamiento óptimo a los mismos y estos no sean valorados como parte de un desperdicio sin valor alguno.

### **Limitaciones del estudio:**

Como limitaciones al presente estudio, podemos mencionar:

- ❖ Dispersión en la información requerida.

- ❖ Movilidad limitada por cuestiones de pandemia mundial conocida como: Corona Virus (COVID-19)., la cual fue un verdadero obstáculo durante la elaboración del presente proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**



## **2.1 Cultivos organopónicos**

### **2.1.1 Concepto**

Gutiérrez (2005) señala que “es una técnica para la producción de alimentos, basada en el establecimiento de cultivos sobre sustratos orgánicos, delimitados por Guarderas o colocados en contenedores (canteros, barbacoas, y otros.), instalados en espacios libres y/o vacíos, donde el suelo resulta improductivo por diferentes razones”. (p.1-12).

### **2.1.2 Características**

- ❖ Son cultivos de fácil manejo y obtención.
- ❖ Se llevan a cabo a nivel urbano y rural.
- ❖ Utilizan materia orgánica como sustrato y abono.
- ❖ No utilizan fertilizantes, fungicidas, ni pesticidas, que pueden ser dañinos y contaminantes.
- ❖ Se combaten plagas y enfermedades del cultivo con productos naturales y/o biológicos, que no dañan al hombre, ni al ecosistema.

### **2.1.3 Herramientas**

Para la elaboración del cantero se debe tomar en cuenta el recurso disponible de herramientas en la unidad de producción, tales como:

- ❖ Pico o piqueta.
- ❖ Regadera manual.

- ❖ Pala.
- ❖ Carretilla.
- ❖ Tenedor surcador.
- ❖ Cinta métrica.
- ❖ Escardilla o azadón.
- ❖ Martillo.
- ❖ Rastrillo.
- ❖ Cuchillos navajas o tijeras.
- ❖ Trinche.
- ❖ Aspiradora manual.

## **2.2 Materia orgánica**

Es uno de los factores más importantes para determinar la productividad de un suelo o sustrato en forma sostenida, por lo cual constituye el factor principal que garantiza el éxito en el manejo ecológico del suelo. Sin embargo, a pesar de su gran trascendencia, ha sido descuidada desde la década de los años 50 cuando se intensificó el consumo de los fertilizantes sintéticos que por su alto costo y por su elevada actividad de contaminación ambiental deben ser sustituidos cada vez más por la materia orgánica. La materia orgánica representa la principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres y de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. Para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación

de sustancias húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y elevar la productividad de los ecosistemas terrestres.

### **2.2.1 Definición**

Esta definición comprende dos conceptos el de materia orgánica y humus. La materia orgánica se define como todo material de origen vegetal o animal en proceso de descomposición y humus como el producto final de ese proceso el cual presenta un alto peso molecular, formado por un núcleo central de compuestos aromáticos y cadenas laterales integradas por carbohidratos, así como cadenas alifáticas donde se ubican los grupos funcionales que hacen que se comporte como un “almacén” de nutrientes para evitar que éstos se lixivien.

### **2.2.2 Importancia sobre las propiedades de los suelos**

La aplicación de materia orgánica de forma sistemática al suelo es de trascendental importancia para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y buscar la sustentabilidad agrícola de nuestros sistemas productivos. La influencia favorable de la materia orgánica en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad y aún en nuestro siglo no ha perdido vigencia este concepto, baste decir que se considera su presencia un factor distintivo entre el suelo y la corteza mineral.

**a. Influencia sobre las propiedades físicas.**

- ❖ Produce agregación en los suelos mejorando su estructura.
- ❖ Proporciona porosidad en los suelos arcillosos.
- ❖ Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa.
- ❖ Mejora el balance hídrico.
- ❖ Regula la temperatura del suelo.
- ❖ Reduce la erosión.
- ❖ Reduce la evaporación.

**b. Influencia sobre las propiedades químicas.**

- ❖ Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- ❖ Mantiene los micro y macroelementos potenciales alrededor del sistema radical de las plantas.
- ❖ Facilita la absorción de nutrientes por las plantas.
- ❖ Tiene efecto tanto sobre el hierro, manganeso, zinc, cobre y otros microelementos.

**2.2.3 Tipos de materia orgánica****2.2.3.1 Materia orgánica vegetal****❖ Residuos de cosecha**

Son los desechos orgánicos que deja el cultivo saliente en o sobre el suelo, en forma de hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos. Tales residuos no deben en lo absoluto considerarse como despreciables, representan por término medio de 500 a 800 kg de humus al año, siendo

mayores en régimen de cultivo muy esmerado, y menores en cultivos de bajo rendimiento.

“Estos residuos de las cosechas cuya importancia es proporcional a la masa vegetativa que se haya creado en el transcurso del año y por lo tanto a los rendimientos obtenidos permiten mediante el empleo de dosis elevadas de abonos minerales, aumentar el contenido de humus”. (Martínez, 2012).

#### ❖ **Residuos de cultivos de cereales**

“La incorporación al suelo o enterrado de pajas comporta un aporte importante de materia orgánica al suelo y su posterior humificación, mejorando el balance de humus tal y como se ha comentado anteriormente, con los numerosos efectos positivos que ello conlleva, y recicla de forma natural los nutrientes asimilados por los cultivos. Antes de su incorporación al suelo la paja debe ser picada o troceada mecánicamente, con lo que se favorecerá su posterior ataque microbiano y se facilitaran las labores del siguiente cultivo. La incorporación al suelo, para su compostaje en el suelo debe ser superficial”. (Martínez, 2012).

#### ❖ **Abonos verdes.**

Los abonos verdes son plantas que, lejos del suelo, lo mejoran y le aportan elementos nutritivos para preparar el cultivo de hortalizas o plantas ornamentales. “La siembra de abonos vegetales no es algo nuevo. Al contrario, esta práctica es sin duda tan antigua como la agricultura y está vinculada al barbecho: un año de cada tres o cuatro se deja descansar la tierra, sembrando en ella plantas que le permitan recuperarse, airean el suelo y, una vez enterradas, le aportan humus e incluso nitrógeno. Mientras que el suelo de un huerto clásico está al descubierto, el de un huerto ecológico, o natural, siempre

está cubierto, tal y como estaría en la Naturaleza, para que permanezca protegido de la intemperie, en especial del azote de la lluvia, que lo vuelve compacto, y del sol intenso, nefasto para la vida de los microorganismos. Los abonos verdes forman un empajado vivo, una cubierta vegetal denso que desacelera la evaporación”. (Huerto Ecológico, 2009). Los abonos verdes, a menudo muy densos, eliminan la competencia de las malas hierbas y limpian el suelo. Por eso, se utilizan entre las tablas cultivadas y entre las hileras, pero también en suelos nuevos que empiezan a cultivarse o después del terraplenado, como plantas pioneras.

### **2.2.3.2 Materia orgánica animal**

#### **❖ Estiércoles**

Denominamos abonos orgánicos de origen animal a los estiércoles de ganaderías, guano, humus de lombriz y los subproductos de origen animal como harinas de sangre, de huesos, pescado, así como harina de plumas. El estiércol lo forman excrementos y orina de animales de ganadería y en cuya composición también pueden aparecer restos de distintos materiales de sus camas, como la paja de cereales, entre otros.

El estiércol suele ser de ganadería ovina, caprina, vacuno, de cerdos, caballos, mulas, etc. El estiércol de aves de corral como gallinas (gallinaza) y palomas (palomina) es de los más ricos en nitrógeno. El guano es una enorme acumulación de excrementos de aves marinas, depositados generalmente en el litoral. “Este estiércol es extraído mayoritariamente en algunas islas del Pacífico y en Perú. También con el nombre de guano se denomina a los

excrementos o estiércol de murciélagos, una materia orgánica ahora en gran auge y al igual que el de las otras aves muy rico en nitrógeno y fósforo, dependiendo de su alimentación”. (Morales, 2012).

## **2.3 Abonos orgánicos**

### **2.3.1 Concepto**

“Un abono orgánico es un recurso orgánico amigable con el medio ambiente, capaz de proporcionar cuando los contiene, cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente, azufre y potasio al suelo, los cuales, junto a otros minerales más, pueden ser aprovechados por las plantas, organismos del suelo, formar complejos o en el peor de los casos, perderse por lixiviación, cuando no contiene cantidades suficientes de nutrientes, puede aportar buenas condiciones de retención de humedad, mejoría de la aireación del suelo, entre otros”. (Cabrales, 2008).

Barrera (2011) “plantea una definición más amplia en la que contempla como abonos orgánicos al resultado estabilizado de diferentes procesos controlados o de habilitación sobre residuos orgánicos, que involucra la acción biológica de microorganismos y que sirve como aporte biológico, nutrimental y de recuperación en suelos con fines de aprovechamiento agropecuario, forestal o de conservación”.

“En la actualidad, el uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo de suelos, en la rehabilitación de su capacidad productiva, en especial, en los

suelos degradados o evolucionados que han perdido gran parte de su fertilidad natural. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía en cerca a los 500 mg.kg-1". (Jannoura, 2014).

“Los abonos orgánicos son materiales de origen natural en contraposición a los fertilizantes de industrias de síntesis. La calidad de los abonos orgánicos depende de sus materias primas y de su proceso de preparación. Se califica según su potencial de vida no según su análisis químico. No puede haber agricultura orgánica sin materia orgánica en el sistema de producción. De igual manera, no puede existir agricultura de larga duración en condiciones ecuatoriales sin abonos orgánicos". (Mejía, 2001, p.221-233).

### 2.3.2 Clasificación

Pueden clasificarse en:

#### ❖ **Abonos microbiales:**

“Los microorganismos benéficos más divulgados actualmente en la agricultura son micorrizas, lactobacilos, levaduras, rizobios, azobacter, levaduras y trichoderma, bacterias fotosintetizadoras etc. Estos organismos constituyen la base de múltiples preparados orgánicos”. (Fernández, 2006).

#### ❖ **Abonos vegetales:**

“De origen vegetal, pueden ser compost de superficie, residuos de cosecha, de plantas sembradas como abonos verdes (leguminosas)”. (Fernández, 2006).



**❖ Abonos de origen animal:**

Estos abonos difieren entre sí, dependiendo de su preparación:

Fermentados anaerobios: provenientes de los procesos dados en el biodigestor, Lombricompost, es el humus originado de la digestión que hacen las lombrices de la materia orgánica.

Compost aerobios del estiércol animal: este compost se hace en presencia de aire e incluye un saneamiento por golpe de fuego.

- Purines: dilución en agua de estiércol fresco.
- Fango acuático: proviene del fondo de ríos y lagos.

**❖ Abonos de naturaleza mineral:**

“Proviene de minería, yacimientos marinos y mantos de origen volcánico y generalmente agregados a los compost. Se incluye la cal, la roca fosfórica, los basaltos, la escoria, la potasa entre otros”. (Fernández, 2006).

**❖ Abonos de humanos:**

“La orina se aplica como purín, previamente fermentada mientras que la materia fecal compostada en letrinas secas se aplica sola o mezclada con materia fecal animal. (Solo lo usan en ciertas partes del mundo)”. (Fernández, 2006).

**❖ Abonos homeopáticos:**

“Algunos abonos orgánicos se aplican en pequeñas proporciones para energizar volúmenes grandes de otros preparados, o también son el compostaje de cultivos enfermos para propiciar respuestas homeopáticas en dichos cultivos”.

### ❖ **Abonos de yacimientos orgánicos:**

“Son turbas o lignitos los cuales liberan ácido húmico y fúlvicos para diluir y aplicar al suelo”. (Fernández, 2006).

## **2.4 Sustrato**

### **2.4.1 Concepto**

“Un sustrato de cultivo debe estar constituido por un material poroso que permita el desarrollo del sistema radicular de la planta y el acceso a la toma de agua, nutrientes y oxígeno necesarios para su correcto funcionamiento”. (Terés, 2001). En ese sentido, Teres (2001) señala que “las características que debe reunir el sustrato a utilizar varían en función de las necesidades del material vegetal a utilizar (especie, variedad, si se trata de varias especies o de una sola, etc.), del objetivo del cultivo (multiplicación, producción de planta, producción de fruto, producción de flor, etc.), de los medios de control disponibles en la explotación (estructuras de protección del cultivo, sistemas de control de la solución nutritiva, sistemas de control de riego, etc.), de la incidencia de factores no controlados por el agricultor (factores climáticos, posibilidad de fallos en los sistemas de control, etc.)”.

Los sustratos orgánicos, y muy especialmente las turbas Sphagnum y la fibra de coco son componentes importantes y ampliamente utilizados en los medios de cultivo de las plantas que crecen en contenedor (Terés, 2001). También, son utilizados restos vegetales como: orujo de uva, corteza de árboles, acículas de pino, cascarilla de arroz, serrín, restos de cosechas, residuos sólidos, urbanos,

lodos de depuración de aguas residuales, residuos de podas urbanas, sarmientos de vid, entre otros (Stephenson et al., 2013; FAO, 2012; Kotsiris et al., 2012) tras un adecuado compostaje y manejo de los residuos y subproductos orgánicos. “Los sustratos inorgánicos pueden ser de origen natural sin manufacturación y de origen natural con manufacturación previa. Dentro de los sustratos inorgánicos de origen natural, y que no sufren proceso alguno previo a su uso, se incluyen a las gravas, las arenas de distintas granulometrías y las tierras de origen volcánico. Como sustratos inorgánicos de origen natural, pero con procesos de manufacturación incorporados antes de su uso (normalmente tratamientos con calor), se incluyen la lana de roca, la vermiculita, la perlita y la arcilla expandida. En ese sentido, se incluyen el poliestireno expandido, geotextiles y espuma de poliuretano”. (López- López, 2015).

#### **2.4.2 Principales sustratos empleados como medio de cultivo**

“El número de materiales que pueden ser utilizados como sustratos es muy amplio y con frecuencia se recurre a la utilización de mezclas de distintos materiales para obtener características apropiadas o deseadas. En España, se desarrolló un proyecto donde se elaboró un inventario de materiales que pueden tener una aplicación como sustratos o componentes de sustratos de cultivo para la producción de plantas ornamentales en contenedor con el fin de encontrar nuevos usos a materiales considerados como subproductos”. (Burés, 1999).

- ❖ **Turba.** “Es el componente más utilizado en la formulación de medios de cultivo. Solamente en el año 2009 en España se consumieron 224.623,8 toneladas de turba, de las cuales 169.537,5 toneladas fueron importadas, en su mayor parte de Alemania, pero también de Estonia, Letonia, Países Bajos y Lituania”. (Marchan, 2010).
- ❖ **Restos vegetales urbanos.** Entre los residuos que se generan en los núcleos urbanos, de especial consideración son los procedentes del cuidado de la vegetación de los jardines, comprendiendo restos de poda, hojas, restos de la siega del césped, etc. Estos materiales suelen compostarse, solos o mezclados con lodos de depuradoras urbanas, para ser utilizados como sustrato de cultivo o abono orgánico (Burés, 1999).
- ❖ **Fibra de coco.** “Es un material vegetal obtenido de los desechos producidos en la industria del coco, tras la extracción de las fibras más alargadas del mesocarpio. La cáscara es molida y la fibra larga se utiliza en paneles aislantes, mallas, cordelería u otros; la paja sobrante es la utilizada como sustrato. Es un material ligero y con porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y bien aireado; se contrae poco cuando se deja secar”. (Abad y Noguera, 2005).
- ❖ **Otros sustratos.** Menos extendido se encuentran otros sustratos, que son utilizados en aquellos casos de una disponibilidad local, como la arcilla expandida, la vermiculita, piedras volcánicas, grava, espumas sintéticas, cascarilla de arroz, etc.

### 2.4.3 Criterios de selección de un buen sustrato

“El propósito de cualquier medio de cultivo es producir plantas de calidad en el período de tiempo más corto y con bajos costes de producción. La amplia gama de materiales a utilizarse para el empleo de sustratos llevó a los pioneros a definir el sustrato “ideal”, concibiendo como tal a un sustrato adecuado para el cultivo de cualquier planta (Terés, 2001). Sin embargo, para obtener buenos resultados en la plantación de interés, el sustrato debe cumplir con ciertas características, las cuales deben garantizar su aptitud para la germinación, enraizamiento y el desarrollo de plantas (Abad y Carrión, 2004). La elección de un material para la elaboración de un sustrato (solo o mezclado) estará determinada si se cumplen los siguientes criterios”. (Abad y Noguera, 2005; Terés, 2001):

- ❖ **Suministro y homogeneidad.** Cada sustrato requiere su propio plan de riego y fertilización. Un cambio en la calidad del sustrato puede llegar a alterar el sistema completo, pudiendo provocar pérdidas graves de producción. El material elegido debería reunir características como: disponibilidad elevada, suministro continuo y homogeneidad.
- ❖ **Finalidad de la producción.** Esta característica es un factor de gran importancia en la elección del sustrato, debido a que los objetivos del cultivo sin suelo, como técnica de producción comercial, pueden ser muchos y diversos: crecimiento rápido de plantas, plantas de muy buena calidad, con tamaño óptimo, con aspecto excelente y uniforme, que presenten pocos problemas en el trasplante o que permitan cuidados

mínimos posteriores, entre otros.

- ❖ **Costo.** El costo de los materiales utilizados es importante debido a que constituye una parte importante del coste final del sustrato. El uso de materiales locales reduce este componente, debido a que reduce los costes de producción y transporte.
- ❖ **Propiedades.** Una vez decidida la finalidad de producción y se conocen los costes y la disponibilidad del material, se debe examinar con detalle las propiedades físico – químicas, químicas y biológicas del mismo.
- ❖ **Impacto ambiental.** Este puede deberse a su obtención (turba) o a la generación de un residuo difícil de reutilizarse (lana de roca).

#### 2.4.4 Composición de los sustratos de cultivo

“Un sustrato en contenedor debe concebirse como un sistema basado en tres fracciones con funciones propias e independientes: i) fracción sólida, asegura el mantenimiento mecánico radicular y la estabilidad de la planta; ii) fracción líquida, aporta a la planta el agua y por interacción con la fracción sólida aporta nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo y iii) fracción gaseosa, asegura la transferencia de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el entorno radicular, el cual establece la aptitud y utilidad de los materiales utilizados como componentes de sustratos”. (Lemaire, 2005; Masaguer, 2008).

Si las proporciones de estos componentes son inadecuadas se podrían generar problemas de asfixia radicular por la falta de oxígeno, deshidratación por falta de reserva hídrica, desequilibrio nutricional.

El espacio poroso total (EPT) no solamente es generado por la colocación de las partículas, sino que también algunas partículas tienen poros internos, los cuales pueden estar conectados a la porosidad externa o estar cerrados. Estos últimos no son efectivos para almacenar aire o agua disponibles para la planta. Se recomienda que un sustrato tenga por encima del 85% de porosidad total efectiva. 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.

## **2.5 Compostaje**

### **2.5.1 Concepto**

“El compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición de residuos de origen animal y vegetal. La descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura controlada”. (Acuña, 2002, p.530).

La elaboración de compost que también se conoce como biotierra no es una práctica nueva pues se elabora desde hace siglos en el Asia. Es una técnica relativamente simple que puede ser aplicada en cualquier lugar en que se originen desechos orgánicos, ya que no es más que la elaboración de humus fuera del suelo. De esa manera los desechos orgánicos se transforman en un biofertilizante de alta calidad nutritiva y mejorador de las condiciones físicas,

químicas y biológicas del suelo.

El compostaje es un proceso biológico aerobio que, bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y Humedad, medias) y termófilas (temperatura superior a 45%), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato.

Es decir, el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

La elaboración de compost es el resultado de una actividad biológica compleja que se realiza en condiciones particulares por lo que, no resulta de un único proceso. Es en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar. El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.



### 2.5.2 Ventajas

Ramírez (2002) señala que “desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta de los materiales, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo”. (p.15).

Entre los beneficios del compostaje se incluyen:

- ❖ ***Acondicionamiento del suelo.*** La utilización del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en Cuba, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evita la desertificación a largo plazo. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agro biológica muy favorables cómo se señalan en el capítulo de la materia orgánica y se explican a continuación:
- ❖ ***Mejora las propiedades físicas del suelo.*** La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de

los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

- ❖ **Mejora las propiedades químicas:** La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.
- ❖ **Mejora la actividad biológica del suelo:** La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo. Tanto el compost como los estiércoles son buenos acondicionadores del suelo con valor fertilizante. Normalmente el estiércol que se añade al suelo directamente, proporciona calidades comparables a las que alcanzaría con el compost. Sin embargo, el acondicionamiento del suelo no justifica por sí solo hacer compost a partir de estiércoles. Hay beneficios complementarios por la utilización de compost como es el caso de que convierte el contenido del nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable. Por tanto,

esto produce unas menores pérdidas de nitrógeno el cual permanece en forma menos susceptible de lixiviarse y por tanto, de perder amoníaco. Además, el calor generado mediante el proceso de compostaje reduce la viabilidad de las semillas que pudieran estar presentes en el estiércol.

- ❖ ***Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores.*** En la mayoría de las granjas, el estiércol es más un residuo que un subproducto con valor añadido. Los principales inconvenientes son los olores y la contaminación por nitratos. El compostaje puede principalmente disminuir estos problemas.
- ❖ ***Destruye los patógenos:*** La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico. La temperatura y el tiempo necesario para la destrucción de algunos de los patógenos y parásitos más comunes que pueden estar presentes en el residuo a compostar.

### **2.5.3 Proceso**

“El compostaje es un proceso donde ocurren una serie de biotransformaciones oxidativas similares a las que ocurren en el suelo, que actúan sobre la materia orgánica mineralizando la fracción más fácilmente asimilable por los microorganismos y unificando los compuestos más difícilmente atacables. El resultado final es la obtención de un compuesto parcialmente mineralizado y unificado que puede sufrir mineralizaciones posteriores más lentas una vez que incorporado al suelo”. (Ramírez, 2002, p.17).

En un proceso de compostaje pueden distinguirse diferentes etapas. En primer lugar y dependiendo de la materia prima de partida, suele ser necesario realizar tratamientos del material previos para facilitar la fase de fermentación propiamente dicha. Por ejemplo, en el caso de residuos líquidos ganaderos, su alto porcentaje de humedad exige un tratamiento previo de desecación o bien su mezcla con otros agentes sólidos como residuos agrícolas y forestales. En la misma situación están los desechos agrícolas y forestales, debido a su bajo contenido en nitrógeno, es aconsejable mezclarlos con fuente nitrogenadas como estiércoles, purines o subproductos, de origen animal (harinas de carne o de pescado, etc.) En general, los pretratamientos llevados a cabo están en función del uso final del producto.

El compostaje espontáneo de la materia orgánica se produce en la naturaleza. Sin embargo, para que el compostaje de residuos sea adecuado para su desarrollo industrial debe adaptarse a requisitos básicos como ser rápido, tener bajo consumo de energía, garantizar la calidad del producto final, la higiene de producción, etc. Para ello, el proceso debe ser cuidadosamente controlado atendiendo a los siguientes parámetros de operación: composición de materia prima, temperatura, humedad, aireación, relación C/N y pH. Finalizada la etapa de compostaje y maduración del compost obtenido se lleva a cabo un procesado final en el que se controla la granulometría y la presencia de material inerte.

#### 2.5.4 Principales parámetros de control

“En el proceso de compostaje el principio básico más importante es el hecho de que se trata de un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos y, por tanto, tiene todas las ventajas y limitaciones de este tipo de procesos. Según esto, los factores que afectan a los microorganismos son los que requieren mayor control a lo largo del proceso. Entre estos factores están: la aireación, el contenido en humedad, temperatura, pH, los factores nutricionales y la relación C/N”. (Ramírez, 2002, p.18).

##### ❖ **Temperatura**

Durante el proceso de compostaje la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración.

La temperatura se debe controlar, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose los tiempos de retención, y, sin embargo, las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (pasteurización), fenómeno que sólo debe permitirse al final del compostaje, para asegurar la eliminación de patógenos.

##### ❖ **Aireación:**

Es un factor importante en el proceso de compostaje y, por tanto, un parámetro a controlar. Como ya se ha comentado, el proceso de compostaje es un proceso aerobio, por lo que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene un doble objetivo, aportar

por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del dióxido de carbono producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso.

La aireación no debe ser excesiva, puesto que pueden producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad. Así, por ejemplo, un exceso de ventilación podría provocar evaporación que inhibiría la actividad microbiológica hasta parar el proceso de compostaje. Esto podría dar la impresión de que el proceso ha concluido. Por otra parte, el exceso de ventilación incrementaría considerablemente los gastos de producción.

#### ❖ **Humedad:**

La humedad es un factor muy relacionado con el anterior. Los microorganismos necesitan agua como vehículo para transportar los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima se puede situar alrededor del 55% aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje.

Si la humedad disminuye demasiado, disminuye la actividad microbiana con lo cual el producto obtenido será biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta, el agua saturará los poros e interferirá la distribución del aire a través del compost. En procesos en los cuales los principales componentes sean substratos tales como serrín, astillas de madera, paja y hojas secas se necesita una mayor humedad, mientras en materiales los residuos de

alimentación, etc., la humedad necesaria es mucho menor.

### **2.5.5 Aspectos microbiológicos**

El compostaje, como ya se ha mencionado anteriormente, es un proceso dinámico en el que se producen una serie de cambios físicos y químicos debido a la sucesión de complejas poblaciones microbianas. La naturaleza y número de microorganismos presentes en cada etapa dependen del material inicial.

“Al comienzo del compostaje el material se encuentra a temperatura ambiente y la flora mesófila presente en los materiales orgánicos empieza a desarrollarse utilizando los hidratos de carbono y proteínas más fácilmente asimilables. La hidrólisis y asimilación de polímeros por los microorganismos es un proceso relativamente lento, por tanto, la generación de calor disminuye hasta alcanzar la temperatura ambiente, alrededor de los 40° C, y los organismos mesófilos (actinomicetos, hongos y bacterias mesófilas) reemprenden su actividad”. (Ramírez, 2002, p.22).

La intensa actividad metabólica de estos organismos, fundamentalmente hongos y bacterias, provocan la elevación de la temperatura en el interior de la masa en compostaje. Al aumentar la temperatura empiezan a proliferar bacterias y, sobre todo hongos termófilos que se desarrollan desde los 40° C hasta los 60°C. Estas especies empiezan a degradar la celulosa y la lignina, con lo cual la temperatura sube hasta los 70 ° C, apareciendo poblaciones de actinomicetos y bacterias formadoras de esporas.

Durante varios días se mantiene a esta temperatura, en una fase de actividad

biológica lenta, en la que se produce la pasteurización del medio. Aunque la celulosa y la lignina a estas temperaturas se ataca muy poco, las ceras, proteínas y hemicelulosas se degradan rápidamente.

Cuando la materia orgánica se ha consumido, la temperatura empieza a disminuir (el calor que se genera es menor que el que se pierde) y las bacterias, fundamentalmente los hongos mesófilos, reinvasen el interior del compost utilizando como fuente de energía la celulosa y la lignina residuales.

Como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas durante el compostaje se destruyen las bacterias patógenas y parásitos presentes en los residuos de partida.

Un aspecto que ha sido ampliamente discutido es el posible interés de inocular las pilas de compostaje con microorganismos para facilitar o mejorar la evolución de un compost.

Los estudios realizados en este sentido parecen indicar que la inoculación no produce grandes mejoras, y raramente los microorganismos son un factor limitante ya que cuando las condiciones ambientales son las adecuadas ellos se encuentran de forma natural en el material a compostar y están más adaptados que aquellos preparados en el laboratorio.



**CUADRO I.**  
**Composición química de algunos materiales utilizados para el compostaje.**

Material	Materia Orgánica	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Carbono Nitrógeno
Paja de arroz	80	60	30	1.60	77\1
Cascarilla de arroz	80	70	40	.80	66\1
Aserrín	88	08	03	1.10	638\1
Falso tallo del plátano	80	80	20	7.50	58\1
Hojas de plátano	85	1.50	19	2.80	32\1
Bagazo de caña de azúcar	90	50	28	.99	104\1
Paja de caña de azúcar	85	1.0	24	2.0	49\1
Cogollo de caña de azúcar	88	70	17	.80	73\1
Pulpa de café	90	1.80	30	3.50	29\1
Hoja de café	93	1.40	20	1.90	38\1
Hojas de árboles	71	1.0	25	1.20	41\1
Hierba recién cortada	90	1.20	40	1.60	43\1
Hierba seca gramíneas	70	.50	30	.90	81\1
Crotalaria	91	1.95	40	1.81	27\1
Hojas de frijol	93	2.0	58	2.2	27\1
Restos de hortalizas	70	1.10	29	.70	37\1
Hojas de Leucaena	75	4.5	22	1.9	10\1
Paja de maíz	97	18	38	1.64	312\1
Mazorca de maíz	85	42	ç10	.90	117\1
Hollejo de naranja	73	74	1.32	86	57\1
Palo de tabaco	71	2.17	54	2.78	19\1
Cáscara de yuca	59	.31	36	44	129\1
Hoja de yuca	92	1.35	72	1.5	39\1
Cangre de yuca	95	1.31	35	1.45	42\1
Desperdicios de cocina	65	2.64	90	1.0	14\1
Lodos residuales sólidos	60	3.0	1.3	20	12\1
Residuos de podas	61	80	15	90	44\1
Basura urbana (fresca)	63	60	48	83	61\1
Basura urbana vieja	19	1.93	80	40	6\1
Cachaza	79	2.1	2.32	1.23	22\1
Vacuno fresco	65	1.50	62	90	25\1
Gallinaza camada	54	1.70	1.20	1.0	18\1
Estiércol porcino	45	2.5	60	50	10\1
Estiércol ovino caprino	30	.55	26	25	32\1
Estiércol equino	17	42	30	70	24\1
Estiércol de conejo	40	1.25	1.01	1.18	19\1
Turba costera(baja)	82	2.8	57	03	17\1
Turba interior (alta)	60	1.12	71	14	31\1

Guano de murciélago	48	3.5	5.25	80	8\1
Guano fósil de murciélagos	23	75	15.0	55	18\1
Cenizas	-	02	1.90	6.0	-
Residuos de henequén	61	1.50	49	.43	24\1
Residuos de maní	95	4	1.71	1.21	14\1
Residuo de cervecería	96	4.12	.57	10	14\1
Residuo de girasol	76	3.17	52	2.40	14\1
Pulpa de cacao	91	3.21	1.15	3.74	16\1
Gallinaza pura	45	3.50	2.50	1.60	7\1
Purín (orina animal)	3	3	.05	83	-

**Fuente:** M. Ramírez. (2002). Manual Para La Producción De Abonos Orgánicos En La Agricultura Urbana.

De todos los materiales utilizados en el compostaje resulta interesante destacar:

- ❖ **El estiércol** de vacuno es un material rico en nitrógeno y muy húmedo. Su humedad y relación C/N van a depender de la cantidad de cama utilizada, de las prácticas de manejo, del tipo de operación y del clima. Generalmente este residuo requiere su mezcla con materiales secos y ricos en carbono, con frecuencia son necesarios de dos a tres volúmenes de enmienda por volumen de estiércol. El riesgo de olores es relativamente bajo si se composta durante unas pocas semanas ya que se descompone rápidamente.
- ❖ **El aserrín** es un material con bajo contenido en humedad y alto contenido en carbono, su degradabilidad es de moderada a pobre. En general, es buen absorbente de humedad y olores. Normalmente está disponible a bajo costo. Se trata de un enmendante del compostaje de bueno a moderado.
- ❖ **Las hojas** son relativamente secas y tienen un alto contenido en carbono. Presentan buena degradabilidad si están troceadas, su

absorción de humedad es moderada. Presenta un riesgo potencial debido a la presencia, piedras, bolsas de plástico sobre todo si proceden de recogida urbana. Se trata de un producto muy estacional por lo que es necesario acopiarlo o un manejo especial (distribución en el tiempo). Como material para ser utilizado para compostar es de bueno a moderado.

- ❖ **Las astillas o virutas** de madera suelen ser un material seco y con alto contenido en carbono. Tienen gran tamaño de partícula, lo que proporciona una excelente estructura, pero muy baja degradabilidad. En general, se utilizan como agente "bulking" (de relleno, para dar volumen) en el compostaje con aireación forzada. **El Guano de murciélago** se produce en cuevas por la acumulación de deyecciones y cuerpos de esos mamíferos en donde habitan y que a veces constituyen grandes reservas de abonos orgánicos ricos en fósforo. En Cuba existen grandes depósitos de este abono orgánico especialmente en las provincias de Camagüey y Pinar del Río. Su explotación requiere de medidas sanitarias estrictas.
- ❖ **Las turbas** constituyen acumulación y depósito de materia orgánica producidas en zonas donde la acumulación y permanencia del agua en la superficie del suelo, por largo tiempo limitan la actividad microbiana. La calidad y contenidos de nutrientes de la turba dependen de la naturaleza de los residuos orgánicos y de su grado de descomposición.
- ❖ **La cachaza** se obtiene como resultado del proceso de clarificación de los jugos de caña en la industria azucarera, por medio de la alcalización con

Ca (OH)<sub>2</sub> y la aplicación de calor, lográndose coagular y precipitar los sólidos del jugo y después separarlos por decantación y filtración. La cachaza es un abono rico en materia orgánica, fósforo y calcio. La producción de cachaza equivale al 3 a 4 % del peso de la caña que procesa el central. En Cuba para una producción de siete millones de toneladas de azúcar se tiene un potencial de producción de cachaza de aproximadamente dos millones de toneladas. El uso de la cachaza como abono orgánico resulta factible porque los centrales azucareros que la producen están ubicados y distribuidos en todo el país. Eso facilita una distribución adecuada para utilizarlo en los lugares que sean más necesarios.

- ❖ **La Gallinaza** es un abono orgánico procedente de las excretas y otros residuos producidos en los lugares donde se cría intensivamente aves para la producción de huevos y carnes. Este abono orgánico en su estado fresco contiene muchas sustancias que se encuentran en proceso de descomposición y cuando se aplican producen alteraciones en el suelo y afectaciones a las plantas. Por esa razón se hace necesario que antes de utilizarlos se haya logrado su fermentación y descomposición. Además, en muchas ocasiones se utiliza en los gallineros y polleras cal (Ca (OH)<sub>2</sub>) para eliminar los malos olores y como medida de saneamiento. La misma tiene efecto residual en la gallinaza y presenta reacción alcalina. En esos casos debe tenerse presente que ese abono orgánico puede afectar a cultivos que necesitan pH bajo para su desarrollo.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 Materiales y métodos

#### 3.1.1 Materiales

##### ❖ Ubicación del ensayo:

El ensayo de campo se realizará en las casas de cultivo mejor conocidas como invernaderos de la Cooperativa El Progreso de Agua Buena de Los Santos, tales invernaderos están ubicados en el corregimiento de Tres Quebradas, se utilizará el invernadero N°2, el cual provee el recurso hídrico necesario para la realización del presente proyecto. Coordenadas geográficas: 7°51'00"N Latitud, 80°25'00"O Longitud. (Ver anexo 12, p. 133).

##### ❖ Materiales experimentales:

- **Compost o compostaje:** El mismo contendrá: Tierra negra 45%, estiércol animal (caprinaza 28%, estiércol de conejo 7%) y cascarilla de arroz 20%.
- **Aserrín y viruta descompuesta:** El aserrín fue obtenido en el aserradero, propiedad del señor Ramiro Bravo, el mismo está ubicado en Villa Lourdes de Los Santos y su taller de ebanistería que está ubicado en Agua Buena de Los Santos. En cuanto al manejo de aserrín, este es conocido como aserrín fino producto de los cortes de la sierra eléctrica a las tucas, este cuenta con 6 a 8 meses de descomposición, la viruta es producto del cepillado de las tablas o tablones en el taller de ebanistería, la muestra cuenta con una presencia de 50% de aserrín fino de aserradero descompuesto y 50 % viruta, sin ser de madera tratada.

- Mediante avance el informe del proyecto se aborda y se detalla más a fondo las propiedades nutricionales de la muestra antes mencionada, los cuales fueron arrojados mediante pruebas de laboratorio, también describirá con mayor precisión los tipos de aserrín vs el aserrín utilizado para evitar confusión en la elaboración de la mezcla con la composta para el sustrato.
- **Bolsas para cultivar:** Se utilizaron bolsas de 5.4 kilogramos (12 libras), cabe destacar que el volumen de la bolsa es el mismo, pero el peso cambia de acuerdo a la conformación sustrato para ambas modalidades (hidropónica y organopónica). estas bolsas no se llenarán por completo para evitar que estas se puedan voltear por el peso, ya que se trató de adecuar el terreno del invernadero para que la superficie fuera lo menos irregular posible, por lo cual se tomó esta medida para evitar incidentes, con sustrato y fibra de cocos o fibra de cocos solamente de conformidad al tratamiento requerido.
- Es propicio aclarar que las bolsas para el tratamiento hidropónico y el testigo no tienen el mismo peso que las bolsas de la modalidad organopónica, las bolsas en la modalidad hidropónica y el testigo se llenaron con fibra de coco, este no tiene el mismo el mismo peso que el sustrato orgánico debido a que su densidad es diferente, por lo tanto, las bolsas de la modalidad hidropónicas y el testigo tienen un peso distinto a la modalidad organopónica, pero si con un volumen de contenido igual dentro de las mismas. Las bolsas de la modalidad hidropónica y testigo pueden almacenar a totalidad a 2.7 kg de fibra de coco, pero se dejan en

2.2 kg para mantener su estabilidad. Para la modalidad organopónica, pueden contener a totalidad 5.4 kg de sustrato, pero para los tres tratamientos de esta modalidad se dejó las bolsas con 4.6 kg de contenido, el cual se distribuye de la siguiente manera: el tratamiento organopónico 1 lleva de sustrato nutricional (1.8 kg de composta y 1.8 kg de aserrín y viruta) y de relleno (1 kg de fibra de coco), el tratamiento organopónico 2 lleva de sustrato nutricional (0.9 kg de composta y 2.7 kg de aserrín y viruta) y de relleno (1 kg de fibra de coco) y el tratamiento organopónico 3 lleva de sustrato nutricional (2.7 kg de composta y 0.9 kg de aserrín y viruta) y de relleno (1 kg de fibra de coco). Estas medidas de conformación del sustrato organopónico se dan en diferentes proporciones, pero la cantidad de peso de la bolsa es la misma garantizando la homogeneidad de la investigación.

- **Higrómetro Rapitest:** Utilizado para tomar los rangos de humedad.
- **pH-metro IDEALHOUSE:** Para conocer el pH del agua luego de aplicadas las fertilizaciones.
- **Sensor Greenseeker:** para conocer los aspectos de Biomasa y el índice Diferencial de Vegetación Normalizado
- **Conductímetro IDEALHOUSE:** Para conocer la conductividad eléctrica luego de aplicadas las fertilizaciones.
- **Pie de rey Vinca DCLA-0605:** Para medir el diámetro de las habichuelas y conocer los parámetros de evaluación en el ensayo de germinación (altura del plantón y grosor del plantón).
- **Pesa o balanza digital Premier:** Para conocer los pesos exactos de los



fertilizantes para la solución nutritiva y en la cosecha conocer el peso de las vainas y al final pesar los sistemas radiculares.

- **Vasijas graduadas en ml:** (volumen) para realizar aforos y medir cantidades de agua.
- **Inyectores artesanales:** los cuales servían de depósito directo para agregar la solución nutritiva hidropónica.
- **Estación meteorológica Davis Vantage Pro:** Utilizada en la obtención de las variables agroclimáticas.
- **InfoStat profesional versión 2020:** Programa utilizado para llevar a cabo los análisis estadísticos practicados a las variables.
- **CIMMYT:** Manual utilizado para el análisis de datos estadísticos (CIMMYT, 1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica.
- **Fibras de cocos:** Se utilizarán para la siembra hidropónica, testigo y como relleno en los sustratos orgánicos.
- **La habichuela:** Se utilizarán semillas de habichuelas nacionales, es decir semillas criollas.

**Cuadro II. Materiales experimentales a utilizar**

MODALIDAD DE CULTIVO	PORCENTAJES			FERTILIZACIÓN	CANTIDAD DE PLANTAS
	COMPOST	ASERRÍN Y VIRUTA	FIBRA DE COCO		
Hidropónica			100%	Solución Steiner	8
Organopónica	50%	50%		Abono orgánico	8
Organopónica	25%	75%		Abono orgánico	8
Organopónica	75%	25%		Abono orgánico	8
Testigo			100%	Sin fertilización	8
			<b>TOTAL.....</b>		<b>40</b>

*Fuente:* Investigador.

### 3.1.2 Métodos

La metodología empleada para la elaboración de la presente investigación comprende los siguientes pasos:

#### ❖ Metodología 1. Composta

La composta se prepara con más de 9 meses de anticipación, por eso en el vivero JADEL propiedad del SR. Miguel Ángel Jaén ubicado en el Cocal de Las tablas, empiezan este proceso desde los primeros días del mes de enero del año 2020. Previamente la recolección de los materiales que conformaran la mezcla para luego dar paso a lo que es el proceso de compostaje en el año 2020.

##### **PASO 1: Creación del lomillo y clasificación de materiales.**

Se procede a empezar el proceso con la creación del lomillo, se le conoce como lomillo la agrupación de materiales compostables en forma de loma o volcancito, en este proceso se mezcla el estiércol de origen animal con la cascarilla de arroz, para lograr una efectiva descomposición.

El estiércol de origen animal se conforma de caprinaza y conejaza. En las siguientes proporciones: Caprinaza = 80 % conejaza= 20%

Esto hace una muestra de 100% de estiércol de origen animal, el cual representa en la composta un 35%.

##### **PASO 2: Incorporar los materiales; mezclar y humedecer.**

Se mezcla el estiércol de origen animal con la cascarilla de arroz y se integran para formar el lomillo, el cual se mantiene tapado. Una vez a la semana se destapa para humedecer con agua y melaza diluida y luego de esto se procede a voltear para mezclar y lograr una mayor integración de los componentes e incorporar oxígeno,

nuevamente se procede a tapar con plástico, hasta la próxima mezcla de la semana siguiente.

Se mantiene cubierto el lomillo para crear una condición necesaria para llevar a cabo una mejor descomposición y así poder liberar todos los compuestos y elementos benéficos para enriquecer la composta que se utilizara para la creación del sustrato, otro de los puntos de mantener la mezcla tapada es evitar la entrada de la luz, agua y corrientes de viento, ya que estas afectan las bacterias que trabajan en la descomposición (bacterias aeróbicas), dichas bacterias también llamadas aerobias termófilas están presentes de forma natural y llevan a cabo el proceso de descomposición de la materia orgánica, se recomienda humedecer la muestra para mantener después de la descomposición un ambiente propicio para la fermentación que continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos, y también lograr bajar la temperatura del lomillo.

Se sigue dejando reposar y repitiendo la mezcla y el humedecer del lomillo una vez por semana por tres meses (enero, febrero y marzo).

En el primer mes la mezcla tiene una temperatura de 70°C o por debajo de esta (condición adecuada para los organismos descomponedores), los meses siguientes (febrero y marzo) la temperatura desciende, el constante humedecimiento y volteado semanal completa el proceso de descomposición.

Al finalizar marzo del 2020 se destapa y se termina el proceso de humedecer, se voltea nuevamente y se puede apreciar una mayor integración de estos componentes orgánicos, se deja reposar para luego integrar el tercer componente de la mezcla la tierra negra.

### **PASO 3: Tamizar tierra negra y aireación de la mezcla del excremento animal y la cascarilla de arroz.**

La tierra negra (Tierra producto de la descomposición vegetal, hojarasca, sedimentos de las orillas de las quebradas tras las crecidas y ceniza, extraída en potreros, orillas de quebradas y sotobosque).

Después de obtener la cantidad de tierra propicia para la composta se procede a tamizar para eliminar objetos o materiales que estén dentro (piedras, madera, plástico, latas)

Lo que sacamos del lomillo lo colocamos en un lugar techado, y que la muestra quede extendida para que ahora sí que reciba corrientes de aire y obtenga aireación natural y reduzca la humedad para evitar la propagación de hongos, y bajar la temperatura a unos 20°C o temperatura ambiente regular.

### **PASO 4: Integración final.**

Se mezcla la tierra negra con el estiércol animal (caprinaza y conejaza) y la cascarilla de arroz.

Se deja reposar bajo techo, por unos tres meses más para lograr una mejor integración de los materiales de la composta y así pueda obtener una temperatura estable. (abril, mayo y junio). Se obtuvieron 100 libras de composta de manos del Sr Miguel Jaén como aporte para la investigación de tesis el día 27 de Julio del 2020.

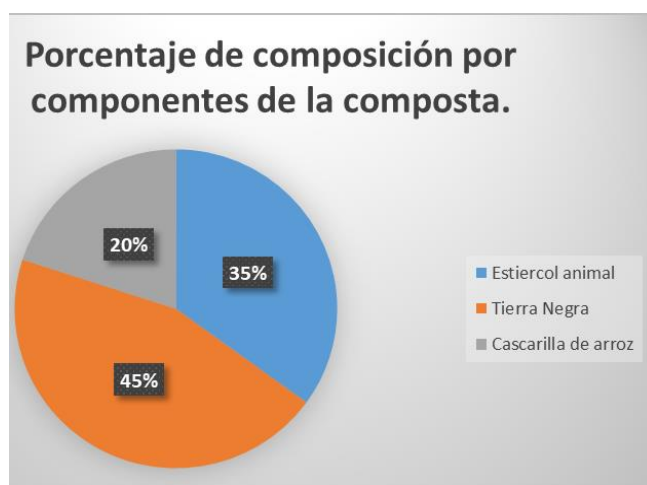
### CUADRO III

#### Composición final de La Composta

Composición de la composta.		Composición del estiércol	
Estiércol animal	35%	Caprinaza	28%
Tierra Negra	45%	Conejaza	7%
Cascarilla de arroz	20%		

*Fuente:* Elaboración propia de estudiante.

#### GRÁFICA 1. Composición final de la Composta Jadel

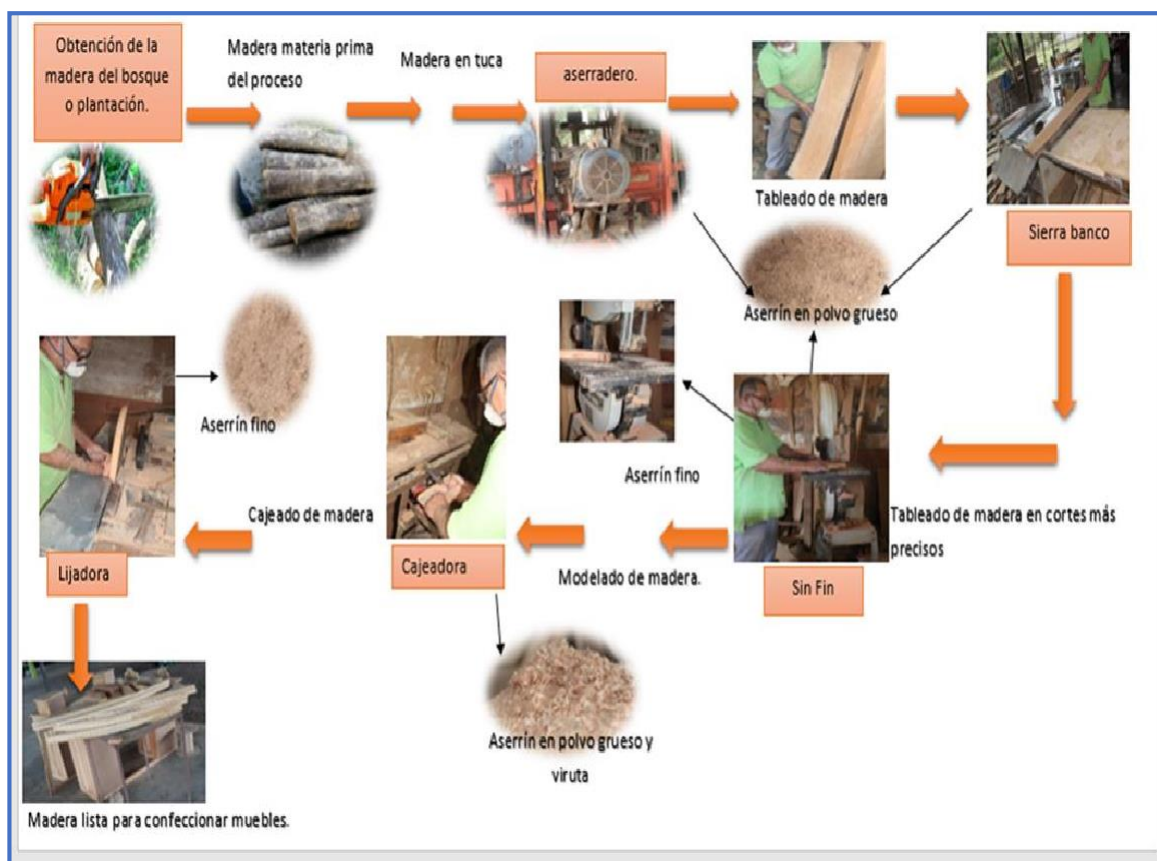


*Fuente:* Elaboración propia de estudiante.

#### ❖ Metodología 2: Procesos del aserrín y la viruta

El proceso de flujo comprende la entrada de la madera desde su obtención, hasta su salida como madera lista para confeccionar muebles, dentro de este proceso se involucra la utilización de distintas máquinas, como: el aserradero, sierra banco, sin fin, cajeadora y la lijadora. Dichas máquinas realizan procesos de transformación de la estructura física de la madera, por lo tanto, generan residuos sólidos entre esos el aserrín y la viruta.

## DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE LA MADERA



**Figura 1.** Diagrama de flujo proceso de la madera.

### ❖ **Aserradero:**

El Aserradero GILY propiedad de la Sra. Elizabeth González, fue el utilizado para la toma de datos acerca del proceso de la madera y la producción de residuos sólidos en este caso el aserrín y la viruta.

En un día normal de labores se trabajan en el aserradero un promedio de 2000 pies de madera en tuca, lo cual produce una cantidad promedio de 240 libras de aserrín en polvo grueso y viruta, es la actividad que más aserrín produce dentro del proceso. El proceso que lleva acabo esta máquina es el de abrir las tucas y el tableado de madera. la madera entra traída del bosque o de la plantación como tuca

directamente al proceso donde es tableada para darle la forma precisa que se necesita para los trabajos ebanistas.

Proceso	Aserrín producido (libras)
Aserradero	240

#### ❖ **Sierra banco**

La madera es tableada en el aserradero GILY y es llevada a la ebanistería Artesanías Ramiro, propiedad del Sr. Ramiro Bravo y su esposa la Sra. Elizabeth González. En este local continua el proceso de la madera y la producción de residuos sólidos en este caso el aserrín y la viruta.

Los pies de madera procesados en el aserradero, se convierten en madera tableada, la misma es pasada por la sierra banco en la ebanistería, la cual tiene la finalidad de dar cortes más precisos a la madera. En este proceso se producen alrededor de 30 lb diarias de aserrín en polvo grueso. En este proceso se realiza un corte más fino a la madera tableada anteriormente por el aserradero, buscando llevar un corte más fácil de trabajar por el artesano en los procesos faltantes, es decir eliminarle peso y tamaño y solo dejar el tramo requerido para el trabajo planeado (mueble).

Proceso	Aserrín producido (libras)
Sierra Banco	30

#### ❖ **Sinfín:**

La madera tableada en cortes más finos sigue su proceso dentro de la ebanistería Artesanías Ramiro, la cual continúa produciendo residuos sólidos en este caso el aserrín fino producto del proceso de modelado de la madera en la máquina sin fin.

La madera tableada en cortes más finos se convierte en madera modelada al ser pasada por la Sin Fin, es decir se le da la forma precisa en que se va a convertir, es decir el brazo de una silla, el pie de una mesa, etc. En esta actividad se producen diariamente alrededor de 7 libras de Aserrín fino.

En este proceso se modela la madera tableada en un corte más fino, es decir se le da la forma requerida para el ensamble del mueble, en este proceso es donde menos libraje de aserrín se produce, debido a que el aserrín emitido por la madera en los cortes del sin fin es muy fino, es decir de partículas muy pequeñas, se puede observar gran cantidad, pero al momento de pesarlo su peso no es mucho. Proceso

Aserrín producido (libras)

Sinfin        7

#### ❖ **Cajeadora:**

La madera modelada en su forma requerida aún sigue en su proceso de transformación antes de ser ensamblada en un mueble, en esta actividad de cajeadado se producirá aserrín y viruta.

La forma de la madera modelada es pasada por la cajeadora, la cual crea una hendidura en la superficie de la misma para producir espacios o cavidades donde se ensamblarán las formas del mueble, en este proceso se generan diariamente un promedio de 18 libras de aserrín en polvo grueso y viruta. El proceso de cajeadado se realiza para crear espacios en la superficie de la madera donde encajaran las otras piezas que formen el mueble, la maquina agrieta en la superficie de la madera y saca aserrín más grueso y virutas, dejando el espacio requerido.



Proceso	Aserrín producido (libras)
Cajeadora	18

❖ **Lijadora:**

Al final ya la madera modelada a su forma y cajeadada termina en el proceso de lijado, donde se genera un aserrín fino. La madera modelada y cajeadada es pulida por la lijadora donde deja la superficie de esta y los bordes más lisos, dándole una mejor calidad y le dé presencia al producto, la lijadora suplanta la tarea del cepillo de madera, en este proceso se recolecta unas 12 libras de aserrín fino diario. Ya la madera modelada y cajeadada después de ser lijada queda lista para el proceso de ensamblado del mueble y demás procesos ebanistas.

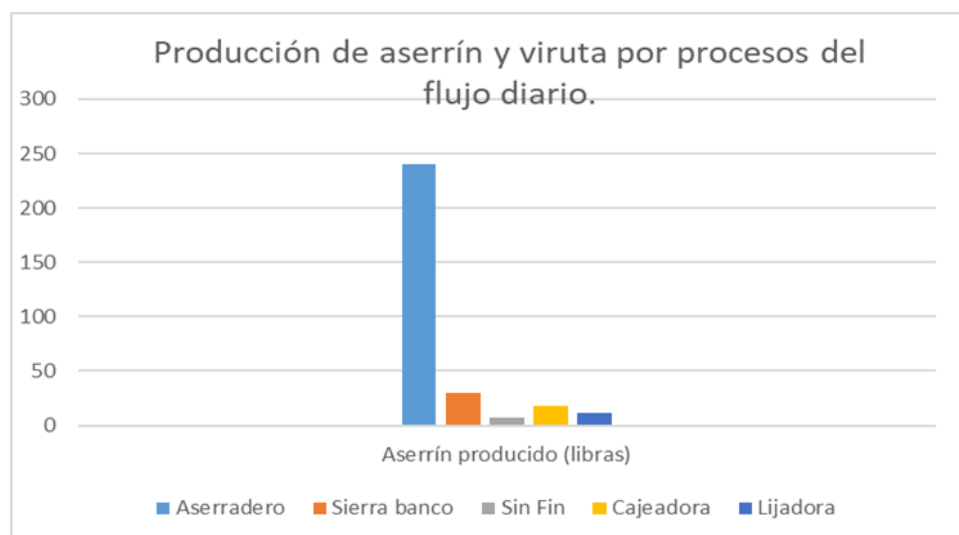
Proceso	Aserrín producido
(libras) Lijadora	12

**CUADRO IV.**  
**Producción de aserrín y viruta por procesos del flujo diario**

Proceso	Aserrín producido (libras)
Aserradero	240
Sierra banco	30
Sin Fin	7
Cajeadora	18
Lijadora	12

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**GRÁFICA 2.**  
**Producción de aserrín y viruta por procesos del flujo diario.**



**Fuente:** Elaboración propia de estudiante.

Cabe destacar que la Sra. Elizabeth nos donó alrededor de 150 libras de aserrín y virutas mezcladas en una sola muestra, provenientes del proceso del aserradero y la cajeadora, esta muestra ya presenta un estado de descomposición avanzado. (La Sra. Elizabeth me comenta que esa muestra tenía más de 10 meses de haberse recogido).

❖ **Manejo de la muestra:**

Se realizó en primera instancia un muestreo tipo experimental con 1 kilogramos de aserrín en estado totalmente seco, el mismo fue empaquetado con los respectivos datos del responsable del presente proyecto, y otra muestra en igual proporción de compost, tales muestras se enviaron al laboratorio de análisis de suelo del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), a las cuales se les realizó un análisis para abono orgánico con la finalidad de medir los beneficios nutricionales de tales materiales.

### ❖ **Metodología 3: Preparación del sustrato y composición nutricional de los tratamientos.**

Luego de haber obtenido las muestras de composta por parte del Sr. Miguel Jaén y del aserrín y viruta de la Sra. Elizabeth González se procedió a preparar el sustrato, no sin antes pasar estas muestras por solarización para eliminar algún tipo de patógeno que sea dañino para el cultivo en la futura siembra.

- **Solarización:** este proceso se ejecutó exponiendo las muestras de aserrín y viruta sobre una lona a recibir la luz del sol por un tiempo de una hora todas las mañanas (8 am a 9 am) ya que el exceso de radiación solar puede influir negativamente con los microorganismos benéficos, la muestra no se dejaba amontada, se esparcía y se iba moviendo con la ayuda de un rastillo, este mismo proceso se le aplicó a la composta, esta acción se realizó durante 30 días. Del 1 de agosto al 30 de agosto del 2020.

El día 3 de agosto del 2020 se enviaron dos bolsas, una con muestras de aserrín y viruta, y la otra con muestras de composta, para someterlas a análisis de laboratorio para conocer sus beneficios nutricionales como abonos orgánicos aplicables al sustrato.

El día 7 de septiembre del 2020 se recibieron los resultados del análisis a partir de los cuales se empezó a calcular la cantidad de elementos con la que contaba cada muestra para armar el sustrato en función a los porcentajes de cada tratamiento de la modalidad organopónica.

**CUADRO V.**  
**Resultados de las muestras analizadas de materiales orgánicos.**

No.	No.	N	PH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	M.O	Manga neso	Hierro	Zinc	Cobre	C E dS/m
Labort.	Muestra	%		%		%			mg/l				
LXXXI X	Aserrín	0.62	7.3	0.2 4	0.28	1.51	1.73	7.72	200	15840	120	40	2.04
XC	Estiércol de cabra	0.32	5.9	0.5 3	0.27	0.62	3.35	3.78	2840	578000	220	260	3.60

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante, Datos obtenidos del análisis realizado por el IDIAP.

Nitrógeno.

Composta = 0,32%

Aserrín y viruta = 0,62%

Aserrín y viruta.

100%----- 1000,000.00

0,62%----- ¿?

= 6200 ppm

Composta

100%----- 1000,000.00

0,32%----- ¿?

= 3200 ppm

**Rangos de liberación del nitrógeno contenido en las muestras de los materiales analizados.**

Rápido	Ideal	Lento
1-10	11-20	21-30

Formula; Relación Carbono- Nitrógeno.  $\frac{M.O\%}{1.72}$

Concentración de M.O: Aserrín y viruta = 7.72%      Composta = 3.78%

Resultados: Aserrín y viruta = 4.48      Composta = 2.19

Los resultados arrojan que sus rangos de liberación son rápidos, es decir tiende a perderse el nutriente con más rapidez.

Promedio de liberación por el sustrato= 4.48+2.19 = 6.67

6.67 /2 = 3.33 su promedio de liberación es rápido.

Se puede contemplar agregar carbón para aumentar la M.O y el Ca presente, y así lograr una liberación ideal.

Para llegar a un rango óptimo de liberación ideal, tomamos como base el 15  
 $15.00 - 3.33 = 11.67$

Formula:  $\frac{M.O}{1.72} = 11.67$

Respuesta M. O = 20.07%

$$\begin{array}{l} 100\% \text{-----} 1000,000.00 \\ 20,07\% \text{-----} \text{¿?} \\ = 200\,700 \text{ ppm.} \end{array} \qquad \begin{array}{l} 1 \text{ kg -----} 1000,000.00 \\ \text{¿? kg-----} 200\,700 \text{ ppm} \\ = 0,20 \text{ kg} = 0,20 \text{ g por kg de} \\ \text{Sustrato.} \end{array}$$

Como resultado se obtuvo que para adecuar la liberación de nitrógeno a un rango ideal se deben agregar 0.20 g por kg de sustrato.

#### Transformación de porcentajes de compuesto de elementos A

ppm.

Formula:  $100\% \text{-----} 1000000.00 \text{ \% de la muestra-----Ppm ¿?}$

Ejemplo: 0,24% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en muestra de aserrín y viruta.

$$100\% \text{-----} 1000000.00$$

$$0,24\% \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ -----} \text{¿? ppm} = 2400 \text{ ppm.}$$

#### **Resultados de la transformación de compuesto de elementos a ppm por materiales analizados.**

Compuesto	Muestra de aserrín y viruta (%)	Muestra de composta (%)	Muestra de aserrín y viruta resultado en ppm	Muestra de composta resultado en ppm
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.53	2400	5300
K <sub>2</sub> O	0.28	0.27	2800	2700
CaO	1.51	0.62	15100	6200
MgO	1.73	3.55	17300	33500

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

**Resultados expresados en mg/L según el análisis de laboratorio practicado a las muestras.**

Elemento	Muestra de aserrín y viruta mg/l	Muestra de composta resultado mg/l
Manganeso	200	2840
Hierro	15840	578000
Zinc	120	220
Cobre	40	260

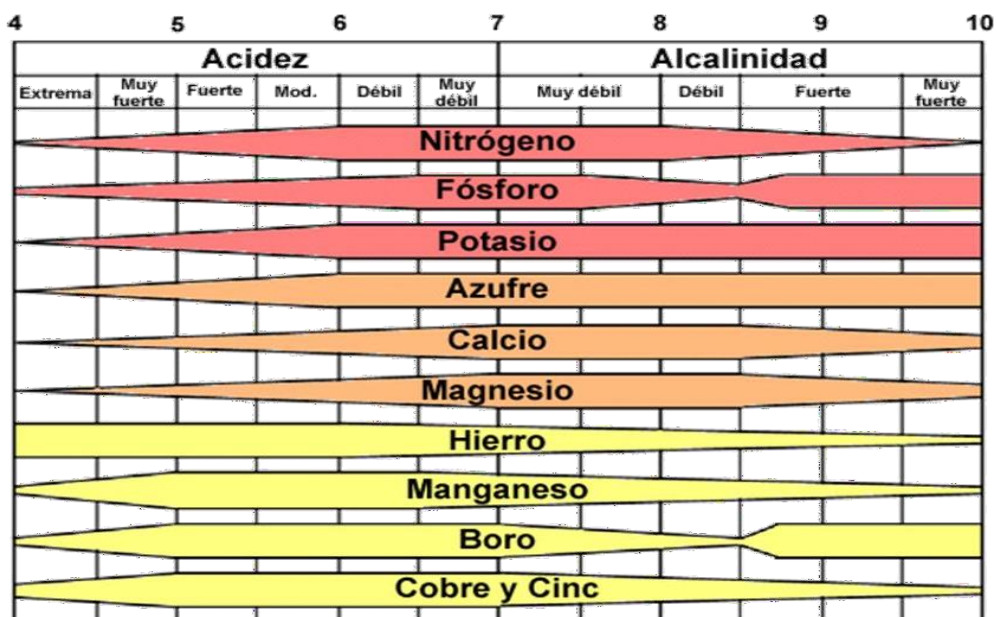
*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

**Disponibilidad de nutrientes en la composta y el aserrín para el sustrato expresados en ppm y mg/l.**

Muestra	N	P2O5	K2O	CaO	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
Composta	3200 ppm	5300 ppm	2700 Ppm	6200 Ppm	33500 ppm	2830 Mg/L	578000 Mg/L	220 Mg/L	260 Mg/L
Aserrín y viruta	6200 ppm	2400 ppm	2800 Ppm	15100 Ppm	17300 ppm	200 Mg/L	15840 Mg/L	120 Mg/L	40 Mg/L

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

### Acidez Vs. Alcalinidad.



**Figura 2.** Cuadro de interpretación de asimilación de nutrientes por el nivel de pH.

### Disponibilidad de absorción de nutrientes según el pH de la muestra.

Absorción de elementos	Composta 5.9	Aserrín y viruta 7.3
Nitrógeno	100 %	100 %
Fósforo	100 %	100 %
Potasio	100 %	100 %
Azufre	100 %	100 %
Calcio	80%	100 %
Magnesio	60%	100 %
Hierro	100 %	90%
Manganeso	100 %	90%
Boro	100 %	90%
Cobre y zinc	100 %	90%

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

Este análisis se realizó con la ayuda de una regla, la misma fue llevada sobre cada elemento, cerca del número que indico la muestra como resultado de pH y se medía el grosor de la línea de cada elemento bajo la dirección del resultado y de acuerdo al ancho de la línea se pondero el resultado en base a porcentajes. Si el resultado indicaba la parte más gruesa de la línea se le otorgaba el 100% de disponibilidad.

#### - **Composición nutricional de bolsas organopónicas.**

La composición nutricional está determinada en la cantidad (kg) de cada uno de los componentes del sustrato (composta, el aserrín y la viruta) y los elementos nutricionales que aportan al cultivo.

Las bolsas para cultivar tienen un peso estándar para cuando están llenas entre 5.4 kg, depende de la densidad y el peso de la muestra, ya que la composta pesa

más que el aserrín lo que indica que el aserrín presentara mayor volumen para poder lograr el peso igual de la composta.

Se estipulo a 3.6 kg de sustrato, lo cual hay que manejar matemáticamente para definir las cantidades por tratamientos dentro de la modalidad organopónica.

Los tratamientos de la modalidad organopónica se idearon de la siguiente manera:

La fibra de coco que se utilizara como relleno no aporta nutrientes, debido a que esta es estéril, ayuda a la retención de humedad, mejora las características físicas del sustrato (textura y estructura) y a dar un sustento a la bolsa contribuyendo con el aumento de la cantidad de sustrato.

Las 8 libras -----3,6 kg por bolsas.

50% = 3,6 kg/2= 1.8kg.

75% =25%=  
 3,6----- 100%  
 ¿? ----- 25%  
 =1.8Kg

3,6----- 100%  
 ¿? ----- 75%  
 = 2.7 kg

Conformación nutricional de la bolsa según nutriente presente en las muestras de materiales analizados.

Elemento: Nitrógeno.

Aserrín y viruta: 6200 ppm.

Composta: 3200 ppm.



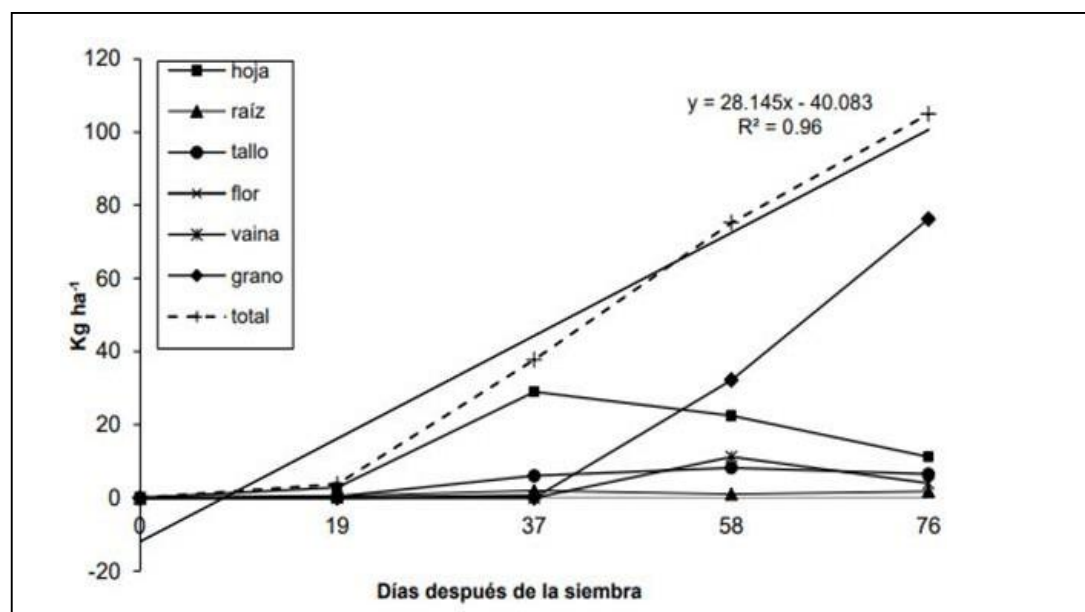
**Contenido nutricional según el peso y porcentajes de cada elemento por las muestras analizadas.**

Contenido nutricional	kg	Composta	Aserrín y viruta
50 %	1.8	3200 ppm	6200 ppm
75%	2.7	3200 ppm	6200 ppm
25%	0.9	3200 ppm	6200 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

La literatura (LATA, 2015) expresa el requerimiento nutricional de la habichuela en kg/ha, se tomó a base del diseño experimental y sus réplicas totales, para comparar la curva de absorción, teniendo el máximo total de absorción como referente ya que se comparará con el contenido total del elemento contenido por tratamiento en el sustrato organopónico.

**GRÁFICA 3.**  
**Curva de absorción del nitrógeno por etapa fenológica del cultivo de la habichuela (*Phaseolous vulgaris*).**



*Fuente: Lata, 2015.*

120 kg ha.

❖ **Conversión al formato del diseño experimental.**

Datos: Densidad de siembra en campo:  $0,30\text{m} \times 0,50\text{m} = 0.15\text{m}^2$

	10000.
0.15m	= 66666 Plantones de habichuelas por

24 plantas (8 por cada tratamiento

organopónico) 120 kg 66666 plantas

¿? Kg ----- 24 plantas.

= 0.0432 kg en 24 plantas.

Pasar de kg a ppm.

0,0432Kg x

1000000.00

43200 ppm/ 24 plantas.

Nitrógeno necesario por planta 1800 ppm según literatura. (esta fórmula es aplicable a los máximos de absorción de cada elemento expresados en la literatura (Tenesaca, 2015), los cuales se compararán con los demás elementos contemplados en los resultados del análisis de laboratorio y los requerimientos de la solución universal de Steiner por los días que dure el periodo del cultivo (67 días) en los siguientes elementos solo se colocara el grafico y el resultado).

La formulación de una solución nutritiva se refiere a la concentración de los elementos nutritivos que la componen, expresados, generalmente, en partes por millón (ppm), miligramos por litro (mg/l) o gramos por 1000 litros (g/1000 l).

Se han descrito un gran número de formulaciones que difieren en los fertilizantes que aportan los elementos nutritivos, pero no mayormente en los

rangos de concentración óptimos de cada elemento, como se muestra en el cuadro de la página siguiente.

### CUADRO VI.

Rangos de concentración de elementos minerales esenciales según diversos autores

	Concentración (ppm)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N	210	168	150-225	106	172	200-236	167
P	31	41	30-45	62	41	60	31
K	234	156	300-500	156	300	300	277
Mg	34	36	40-50	48	48	50	49
Ca	160	160	150-300	93	180	170-185	183
S	64	48	--	64	158	68	--
Fe	2,5	2,8	3-6	3,8	3	12	2-4
Mn	0,5	0,54	0,5-1	0,81	1,3	2	0,62
B	0,5	0,54	0-0,4	0,46	1	0,3	0,44
Cu	0,02	0,064	0,1	0,05	0,3	0,1	0,02
Zn	0,05	0,065	0,1	0,09	0,3	0,1	0,11
Mo	0,01	0,04	0,05	0,03	0,07	0,2	--

(1) Hoagland y Arnon (1938)

(2) Hewitt (1966)

(3) FAO (1990)

(4) Jensen (s/fecha)

(5) Larsen (s/fecha)

(6) Cooper (1979)

(7) Steiner (1984)

Fuente: (1), (2), (3) y (7) en Windsor and Schwarz (1990); (4) y (5) en Lorenz and Maynard (1988); (6) en Cooper (1988)

**Fuente:** (Windsor y Schwarz, 1990).

Se hace la salvedad que se implementó la utilización de la solución nutritiva de Steiner (Windsor y Schwarz, 1990) por ser esta una solución universal completa, en este caso aplicable a tomate y lechuga en hidroponía, aplicándola también a habichuela para el desarrollo del proyecto de tesis, ya que los rangos de concentración de elementos son óptimos para el buen desarrollo de la habichuela en todas las etapas del cultivo, se implementó esta solución de nutritiva de Steiner para la creación del mix nutricional del fertirriego debido a que se maneja poca información en la Web sobre los requerimientos y curvas de absorción de nutrientes de la habichuela, también lo que dificultó la búsqueda de información en bibliotecas fue la limitada movilización por la

pandemia de la Covid-19.

Se logró encontrar datos para trabajar con los requerimientos finales (totales) de la habichuela para los macro elementos principales, dichos datos se presentan por hectárea por lo que tuve que realizar una conversión para conocer el requerimiento por planta ya que mi ensayo se realizara en bolsas con una sola planta, esto permitió establecer un comparativo del requerimiento observado en la literatura (LATA, 2015) vs el requerimiento que representa Steiner (Windsor y Schwarz, 1990) para los elementos que coinciden y así poder realizar una solución nutricional efectiva.

**Comparación del contenido de nitrógeno según el porcentaje de los componentes del sustrato vs literatura (LATA, 2015) y Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).**

Contenido en %	Aserrín y viruta	Composta	Steiner	Literatura
50 %	11160 ppm	5760 ppm	167 ppm 8350 ppm (50 días)	1800 ppm.
75%	16740 ppm	8640 ppm		
25%	5580 ppm	2880 ppm		

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

Para trabajar de manera más exacta se les asignaron nombres y distinciones a los tratamientos de las modalidades, para el hidropónico se le llamo tratamiento 1 (t1) y se distingue en campo con el color verde, Para los tratamientos de la modalidad organopónica, se le dieron los siguientes nombres: Organopónico 1 (50% aserrín y viruta y 50% composta), este se distingue con el t2 y color azul.

Para el tratamiento organopónico 2 (75% aserrín y viruta, y 50% composta) se le adjudico el distintivo t3 color amarillo, siguiendo al tratamiento organopónico 3 (25% aserrín y viruta, y 75% composta) se le nombro t4 color rojo, al último

tratamiento siendo el testigo cultivado en fibra de coco sin fertilización y solo riego se le llamo t5 distinguido con el color blanco.

Estas señalizaciones y nombres se les dan para expresar mejor los análisis numéricos de los nutrientes y proveer de una distinción visualmente llamativa y sencilla en las parcelas dentro del invernadero, para así evitar errores en la toma de datos y facilitar el trabajo.

Por ese motivo presentamos los siguientes con la cantidad total de elementos para cada uno de los tratamientos que conforman la modalidad organopónica del proyecto.

#### **Cantidad total de nitrógeno en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de nitrógeno.
50 %	Aserrín y viruta	169200 ppm
50 %	Composta	5760 ppm
Cantidad total de nitrógeno en el sustrato del t2 azul		16920 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

#### **Cantidad total de nitrógeno en el tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de nitrógeno.
75 %	Aserrín y viruta	16740 ppm
25 %	Composta	2880 ppm
Cantidad total de nitrógeno en el sustrato del t3 amarillo		19350 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

### Cantidad total de nitrógeno en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de nitrógeno.
25 %	Aserrín y viruta	16740 ppm
75 %	Composta	2880 ppm
Cantidad total de nitrógeno en el sustrato del t4 rojo		19350 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

Para efectos de los siguientes elementos (P, K, C y Mg), se realizó la conversión de nutrientes a su forma elemental, ya que el análisis de laboratorio los expresa en nutrientes (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y MgO) y para poder utilizarlos de manera más exacta se llevan a elementos y así conocer la cantidad total contenida por bolsas y compararlas con Steiner y la literatura (LATA, 2015), estos cálculos se realizaron con la ayuda de los siguientes cuadros.

### CONVERSIÓN DE NUTRIENTES (ÓXIDOS) A FORMA ELEMENTAL

Valor	Nutrimento	Resultado.
1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> P	0.4364
1	K <sub>2</sub> O        K	0.7242
1	CaO        Ca	0.7147
1	MgO        Mg	0.6031

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Estas conversiones se realizaron basadas en las fórmulas de peso molecular a peso atómico, para conocer el factor de conversión de compuestos a cada elemento.

### CONVERSIÓN ELEMENTAL A FORMA DE NUTRIENTES (ÓXIDOS).

Valor	Nutrimento	Resultado.
1	P      P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.2914
1	K      K <sub>2</sub> O	1.1246
1	Ca      CaO	1.3992
1	Mg      MgO	1.6581

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante

Elemento: Fosforo.

Resultados expresados en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Aserrín y viruta: 2400 ppm

Composta: 5300 ppm

Transformación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a P

Valor de (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (0.4364)

Aserrín y viruta: 1047.36 ppm.

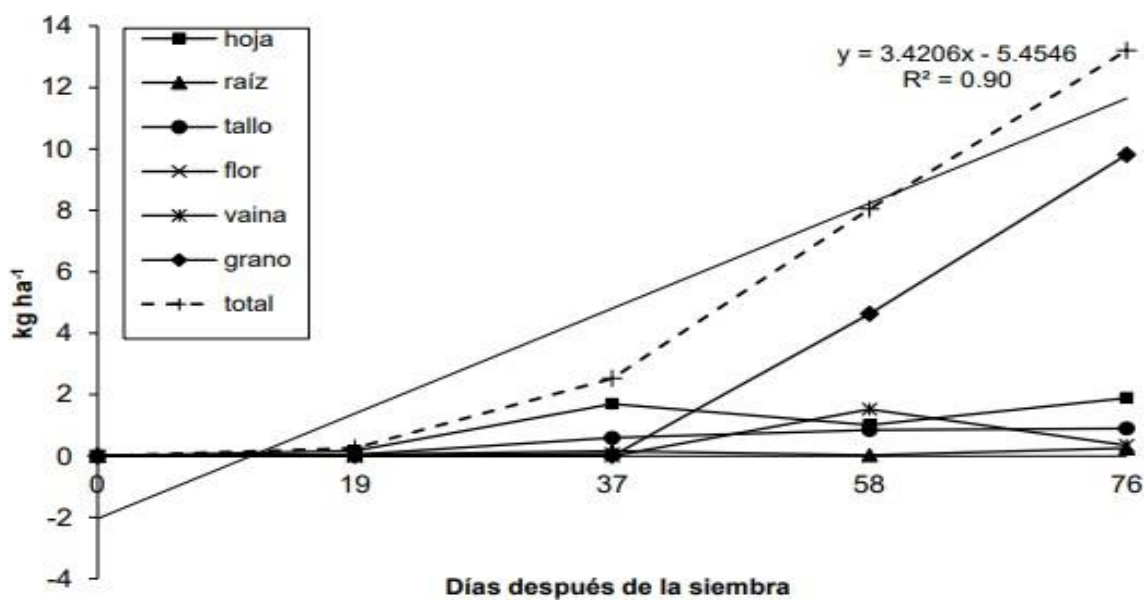
Composta: 2312.92 ppm.

### Contenido nutricional según el peso y porcentajes de cada elemento por las muestras analizadas

Contenido nutricional	kg	Composta	Aserrín y viruta
50 %	1.8	2312.92 ppm	1047.36 ppm
75%	2.7	2312.92 ppm	1047.36 ppm
25%	0.9	2312.92 ppm	1047.36 ppm

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante

**GRÁFICA 4.**  
**Curva de absorción del fósforo por etapa fenológica del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).**



Fuente: Lata, 2015.

La literatura expresa que son 14 kg

ha. 14 kg -----6666plantas

¿? Kg----- 24 plantas.

= 0.00504 kg en 24

plantas. Pasar de kg a

ppm

0,00504 kg x 1000000.00

5040.05 ppm/ 24 plantas = 210 ppm.



**Comparación del contenido de fósforo según el porcentaje de los componentes del sustrato Vs literatura (LATA, 2015) y Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).**

Contenido en %	Aserrín y viruta	Composta	Steiner	Literatura
50 %	1885.24 Ppm	4163.25 ppm	31 ppm 1550 ppm (50 días)	210 ppm.
75%	2827.87 Ppm	6244.88 ppm		
25%	942.62 ppm	2081.63 Ppm		

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

**Cantidad total de fósforo en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de fósforo.
50 %	Aserrín y viruta	1885.24 ppm
50 %	Composta	4163.25 ppm
Cantidad total de fósforo en el sustrato del t2 azul		6048.49 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de fósforo en el tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de fósforo.
75 %	Aserrín y viruta	2827.87 ppm
25 %	Composta	2081.63 ppm
Cantidad fósforo total de en el sustrato del t3 amarillo		4909.5 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de fósforo en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de fósforo.
25 %	Aserrín y viruta	942.62 ppm
75 %	Composta	6244.88 ppm
Cantidad total de fósforo en el sustrato del t4 rojo		7187.50 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Elemento: Potasio.

Resultados expresados en

K<sub>2</sub>O Aserrín y viruta:

2800ppm Composta: 2700

ppm Transformación de K<sub>2</sub>O

a K Valor de (K<sub>2</sub>O) (0.8302)

Aserrín y viruta: 2324.56

ppm Composta: 2241.54

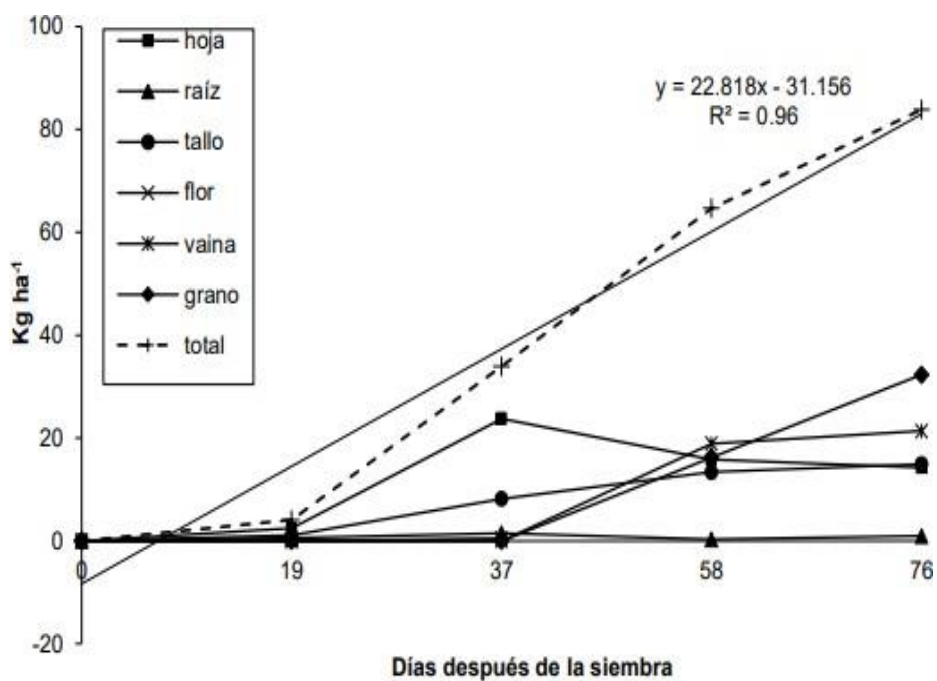
ppm.

**Contenido nutricional según el peso y porcentajes de cada elemento por las muestras analizadas**

Contenido nutricional	kg	Composta	Aserrín y viruta
50 %	1.8	2241.54 ppm	2324.56 ppm
75%	2.7	2241.54 ppm	2324.56 ppm
25%	0.9	2241.54 ppm	2324.56 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**GRÁFICA 5.**  
**Curva de absorción del potasio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).**



*Fuente: Lata, 2015.*

La literatura expresa que son 100 kg

ha. 100 kg -----6666plantas

¿? Kg ----- 24 plantas.

= 0.00504 kg en 24

plantas. Pasar de kg a

ppm

0,0360 kg x 1000000.00

36000.36 ppm/ 24 plantas = 1500 ppm.

**Comparación del contenido de potasio según el porcentaje de los componentes del sustrato Vs literatura (LATA, 2015) y Steiner (Windsor y Schwarz, 1990)**

Contenido en %	Aserrín y viruta	Composta	Steiner	Literatura
50 %	4184.20 Ppm	4034.72 ppm	277 ppm 13850 ppm (50 días)	1500 ppm.
75%	6276.31 Ppm	6025.15 ppm		
25%	2092.10 Ppm	2017.38 ppm		

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de potasio en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de potasio.
50 %	Aserrín y viruta	4184.20 ppm
50 %	Composta	4034.72 ppm
Cantidad potasio total de en el sustrato del t2 azul		8218.92 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de potasio en el tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de potasio.
75 %	Aserrín y viruta	6276.31 ppm
25 %	Composta	2017.38 ppm
Cantidad potasio total de en el sustrato del t3 amarillo		8293.69 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de potasio en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de potasio.
25 %	Aserrín y viruta	2092.10 ppm
75 %	Composta	6052.15 ppm
Cantidad total de potasio en el sustrato del t4 rojo		8144.25 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Déficit de potasio por tratamiento según Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).**

Tratamiento	Déficit
T2	5631.08 ppm
T3	5556.31 ppm
T4	5706.00 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Este déficit se obtiene de la resta del requerimiento a 50 días de Steiner (Windsor y Schwarz, 1990) menos el total de potasio por tratamiento (lo que aporta los componentes composta, aserrín y viruta al sustrato).

Es imprescindible aclarar que la solución Steiner se aplica a otros cultivos hortícolas (pepino, melón, lechuga) ya que por ser universal debe ser óptima para los requerimientos de dichos cultivos, pero la literatura según (LATA, 2015) nos indica que no presenta déficit comparada con los resultados de las muestras.

Elemento: Calcio.

Resultados expresados en

CaO Aserrín y viruta:

15100ppm. Composta: 6200

ppm. Transformación de Ca<sup>2</sup>

a Ca Valor de (CaO)

(0.7147) Aserrín y viruta:

10791.97 ppm. Composta:

4431.14 ppm.

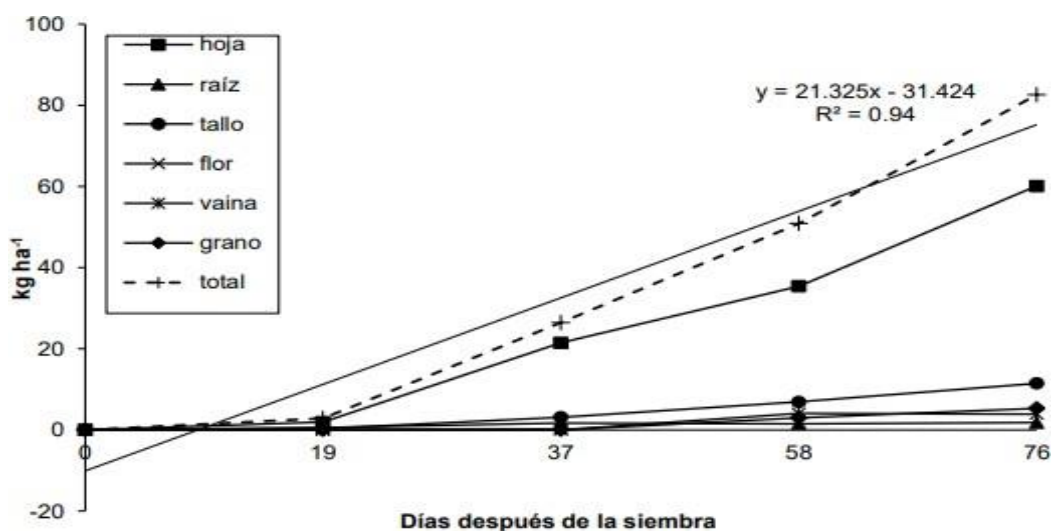
**Contenido nutricional según el peso y porcentajes de cada elemento por las muestras analizadas.**

Contenido nutricional	Kg	Composta	Aserrín y viruta
50 %	1.8	4431.14 ppm	10791.97 ppm
75%	2.7	4431.14 ppm	10791.97 ppm
25%	0.9	4431.14 ppm	10791.97 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### GRÁFICA 6.

**Curva de absorción del calcio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).**



*Fuente: Lata, 2015.*

La literatura expresa que son 100 kg

ha. 100 kg -----66666plantas

¿? Kg ----- 24 plantas.

= 0.00504 kg en 24

plantas. Pasar de kg a

ppm

0,0360 kg x 1000000.00

36000.36 ppm/ 24 plantas = 1500 ppm.

**Comparación del contenido de calcio según el porcentaje de los componentes del sustrato Vs literatura (LATA, 2015) y Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).**

Contenido en %	Aserrín y viruta	Composta	Steiner	Literatura
50 %	19425.54 Ppm	7976.05 ppm	183 ppm 9150 ppm (50 días)	1500 ppm.
75%	29138.31ppm	11964.07 ppm		
25%	4431.14 ppm	3988.02 Ppm		

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de calcio en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de calcio.
50 %	Aserrín y viruta	19425.54 ppm
50 %	Composta	7976.05 ppm
Cantidad calcio total de en el sustrato del t2 azul		27401.59 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de en el calcio tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de calcio.
75 %	Aserrín y viruta	29138.31 ppm
25 %	Composta	3988.02 ppm
Cantidad calcio total de en el sustrato del t3 amarillo		33126.33 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de calcio en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de calcio.
25 %	Aserrín y viruta	9712.77 ppm
75 %	Composta	11964.07 ppm
Cantidad calcio total de en el sustrato del t4 rojo		21676.84 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Elemento: Magnesio.

Resultados expresados en

MgO Aserrín y viruta: 17300

ppm Composta: 33500 ppm

Transformación de MgO a

Mg Valor de (MgO) (0.6031)

Aserrín y viruta: 10433.63

ppm Composta: 20203.85

ppm



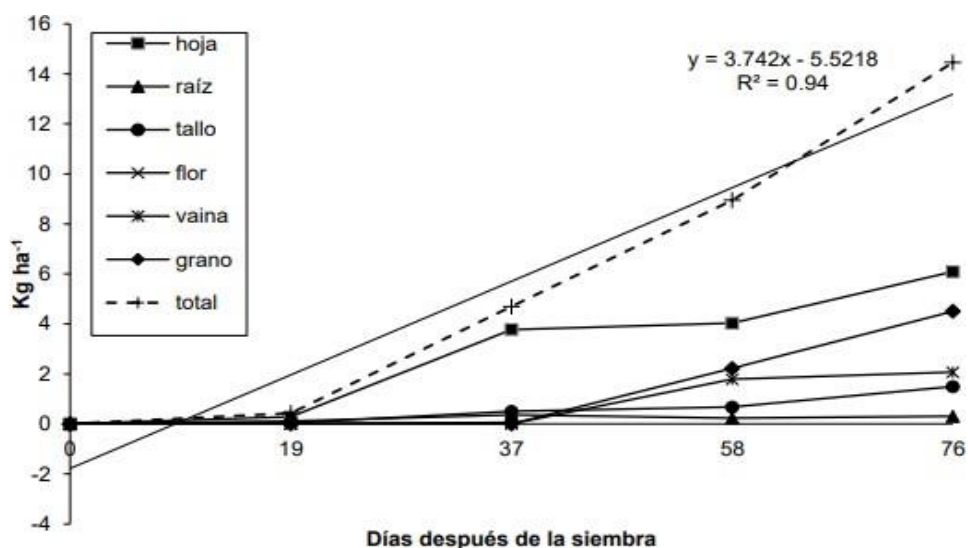
**Contenido nutricional según el peso y porcentajes de cada elemento por las muestras analizadas.**

Contenido nutricional	Kg	Composta	Aserrín y viruta
50 %	1.8	20203.85 ppm	10433.63 ppm
75%	2.7	20203.85 ppm	10433.63 ppm
25%	0.9	20203.85 ppm	10433.63 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**GRÁFICA 7.**

**Curva de absorción del magnesio por etapa fenológica del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).**



*Fuente: Lata, 2015*

La literatura expresa que son 100 kg

ha. 16 kg ----- 66666 plantas

¿? Kg ----- 24 plantas.

= 0.00576 kg en 24

plantas. Pasar de kg a

ppm 0,00576Kg x

1000000.00

5760/ 24 plantas = 240.00 ppm.

**Comparación del contenido de magnesio según el porcentaje de los componentes del sustrato Vs literatura (LATA, 2015) y Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).**

Contenido en %	Aserrín y viruta	Composta	Steiner	Literatura
50 %	18780.53 Ppm	36366.93 ppm	49 ppm 2450 ppm (50 días)	240 ppm.
75%	20170.80 Ppm	54550.40 ppm		
25%	9390.26 Ppm	18983.46 ppm		

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de magnesio en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de magnesio.
50 %	Aserrín y viruta	18780,53 ppm
50 %	Composta	36366.93 ppm
Cantidad magnesio total de en el sustrato del t2 azul		55147.46 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de en el magnesio tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de magnesio.
75 %	Aserrín y viruta	28170.80 ppm
25 %	Composta	18183.43 ppm
Cantidad magnesio total de en el sustrato del t3 amarillo		46356.23 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de magnesio en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de magnesio.
25 %	Aserrín y viruta	9390.26 ppm
75 %	Composta	54550.40 ppm
Cantidad magnesio total de en el sustrato del t4 rojo		63940.66 ppm

*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

Micro elemento: Hierro.

Aserrín y viruta: 15840

mg/l Composta: 578000

mg/l

Requerimiento de Steiner:  $3 = 50 \text{ días} \times 3 = 150$

mg/L (ppm equivale en igualdad a mg/l).

**Comparación del contenido de hierro según el porcentaje de los componentes del sustrato**

Contenido nutricional	Kg	Aserrín y viruta (mg/l)	Composta (mg/l)
50 %	1.8	28512	1040400
75%	2.7	42768	1560600
25%	0.9	14256	520200

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de hierro en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de hierro. (mg/l)
50 %	Aserrín y viruta	28512
50 %	Composta	1040400
Cantidad hierro total de en el sustrato del t2 azul		1068912

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de en el hierro tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de hierro. (mg/l)
75 %	Aserrín y viruta	42768
25 %	Composta	520200
Cantidad hierro total de en el sustrato del t3 amarillo		562968

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de hierro en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de hierro. (mg/l)
25 %	Aserrín y viruta	14256
75 %	Composta	1560600
Cantidad hierro total de en el sustrato del t4 rojo		1574856

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Micro elemento: Zinc.

Aserrín y viruta: 120

mg/l Composta: 220

mg/l

Requerimiento de Steiner:  $0.11 = 50 \text{ días} \times 0.11 = 5.5 \text{ mg/L}$

(ppm equivale en igualdad a mg/l).

**Comparación del contenido de zinc según el porcentaje de los componentes del sustrato**

Contenido o nutrición al	Kg	Aserrín y viruta (mg/l)	Composta (mg/l)
50 %	1.8	216	396
75%	2.7	324	594
25%	0.9	108	198

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de zinc en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de zinc. (mg/l)
50 %	Aserrín y viruta	216
50 %	Composta	396
Cantidad zinc total de en el sustrato del t2 azul		612

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de en el zinc tratamiento t3 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de zinc. (mg/l)
75 %	Aserrín y viruta	324
25 %	Composta	198
Cantidad zinc total de en el sustrato del t3 amarillo		522

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de zinc en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de zinc. (mg/l)
25 %	Aserrín y viruta	108
75 %	Composta	594
Cantidad zinc total de en el sustrato del t4 rojo		702

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Micro elemento: Cobre.

Aserrín y viruta: 40 mg/l

Composta: 260 mg/l

Requerimiento de Steiner:  $0.02 = 50 \text{ días} \times 0.02 = 0.10$

mg/L (ppm equivale en igualdad a mg/l).

### Comparación del contenido de cobre según el porcentaje de los componentes del sustrato

Contenido nutricional	Kg	Aserrín y viruta (mg/l)	Composta (mg/l)
50 %	1.8	72	468
75%	2.7	108	702
25%	0.9	234	234

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### Cantidad total de cobre en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de cobre (mg/l)
50 %	Aserrín y viruta	72
50 %	Composta	468
Cantidad cobre total de en el sustrato del t2 azul		542

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### Cantidad total de en el cobre tratamiento t3 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de cobre. (mg/l)
75 %	Aserrín y viruta	108
25 %	Composta	234
Cantidad cobre total de en el sustrato del t3 amarillo		342

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### Cantidad total de cobre en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de cobre. (mg/l)
25 %	Aserrín y viruta	702
75 %	Composta	36
Cantidad cobre total de en el sustrato del t4 rojo		738

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

Micro elemento: manganeso.

Aserrín y viruta: 200 mg/l Composta: 2840 mg/l

Requerimiento de Steiner:  $0.62 = 50 \text{ días} \times 0.62 = 0.10 \text{ mg/L}$

(ppm equivale en igualdad a mg/l).

### Comparación del contenido de manganeso según el porcentaje de los componentes del sustrato

Contenido nutricional	Kg	Aserrín y viruta (mg/l)	Composta (mg/l)
50 %	1.8	360	5112
75%	2.7	540	7668
25%	0.9	180	2556

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### Cantidad total de Manganeso en el tratamiento t2 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 2 color azul		
Contenido	Muestra	Cantidad de manganeso(mg/l)
50 %	Aserrín y viruta	360
50 %	Composta	112
Cantidad Manganeso total de en el sustrato del t2 azul		5472

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

### Cantidad total de en el Manganeso tratamiento t3 de la modalidad organopónica.

Tratamiento 3 color amarillo		
Contenido	Muestra	Cantidad de Manganeso. (mg/l)
75 %	Aserrín y viruta	540
25 %	Composta	2556
Cantidad Manganeso total de en el sustrato del t3 amarillo		3096

*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

**Cantidad total de Manganeso en el tratamiento t4 de la modalidad organopónica.**

Tratamiento 4 color rojo		
Contenido	Muestra	Cantidad de Manganeso. (mg/l)
25 %	Aserrín y viruta	7668
75 %	Composta	180
Cantidad Manganeso total de en el sustrato del t4 rojo		7848

**Fuente:** *Elaboración propia de estudiante*

Dentro de los micro elementos analizados no pudimos establecer una comparación sobre el requerimiento real de la habichuela según la literatura (LATA, 2015), debido a que se me hizo un poco difícil poder encontrar esa información.

Ya después de haber realizado los análisis a los elementos y micro elementos conozco la cantidad real de cada uno presente en cada tratamiento organopónico y así poder crear una homogeneidad con el tratamiento 1 verde (hidropónico) de la modalidad hidropónico, para crear una competencia más equilibrada entre ambas modalidades y así evaluar la eficacia del aserrín y la viruta como componentes de abono orgánico en la creación de sustratos organopónicos.

Cabe señalar que se puede dar un aumento en los nutrientes que recibe el cultivo de habichuela por bolsa ya que tendrá disponibles los que mencionamos anteriormente en las cantidades establecidas en los cuadros y los que vienen disueltos en agua del pozo que se utilizara para el riego, estas cantidades las expresare en la siguiente parte donde se analizan los resultados del análisis de agua.



❖ **Análisis del agua utilizada en la conformación del mix nutricional para el fertirriego.**

El personal de investigación en los invernaderos o casa de cultivos de la cooperativa El Progreso R.L, tomo una muestra de agua del pozo que abastece estas instalaciones y el mismo se utiliza para efectos del riego, dicha muestra fue enviada a los laboratorios del IDIAP de Divisa para ser analizada y conocer sus resultados y aportes nutricionales, y con esto se estableció la creación de la receta del mix nutricional según Steiner (Windsor y Schwarz, 1990) para fertilizar el cultivo de la habichuela a través del riego, este riego solo será aplicado al tratamiento 1 (t1) verde de la modalidad hidropónica.

Los resultados me fueron entregados con los cuales procedí a establecer un análisis de los datos.

**CUADRO VII.**

**Resultados del análisis practicado a la muestra de agua del pozo de los invernaderos o casa de cultivo de la cooperativa El Progreso.**

Contenido (unidad)	Resultado
PH	6.5
Conductividad eléctrica dS m <sup>-1</sup>	0.19
Alcalinidad total mg/l de CaCO <sub>2</sub>	22
CO <sub>3</sub> (meq)	Tr
Cl (meq)	0.6
HCO <sub>3</sub> (meq)	0.58
K (meq)	0.06
Ca (meq)	0.70
Mg (meq)	0.37
Na (meq)	0.06
Cu	Tr
Zn	Tr
Fe (mg/l)	0.31
Mn (mg/l)	3.36
Ras (relación de absorción de sodio)	0.27

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante, Datos obtenidos del análisis realizado por el IDIAP.

❖ . Alcalinidad= 22 mg/l

22mg x 0.56= 12.32 mg/L calcio asimilable.

CaCO<sub>3</sub> ----- CaO.

❖ Transformación de meq a ppm del elemento disuelto en el agua.

Ejemplo: Cloro Cl= 0.6 meq.

Peso atómico del elemento = 35.4

Valencia del elemento = 1

Meq ---- ppm

Valor meq x  $\frac{\text{Peso Atómico}}{\text{Valencia}}$  = ppm.

$$0,6 \times \frac{35.4}{1} = \text{ppm}$$

$$\text{ppm} = 0,6 \times 35.4$$

$$\text{ppm} = 21.24$$

El límite de cloro para ser considerado toxico es 71 ppm.

Potasio: 2.34 ppm.

2.34 ppm--- 1.20 (K x K<sub>2</sub>O)

$$= 2.39 \times 1.20$$

$$= 2.80 \text{ ppm de K}_2\text{O}.$$

Calcio = 14 ppm

14 ppm--- 1.39 (Ca x CaO)

$$= 14 \text{ ppm} \times 1.39$$

$$= 19.46 \text{ ppm de Cao}$$

Para conocer la disponibilidad real Cao se le suma el de la alcalinidad.

$$19.46 + 12.32 = 31.76 \text{ ppm}.$$

Magnesio= 4.44 ppm

4.44 ppm ---1.65 (Mg x MgO)

= 7.37 ppm de MgO.

Sodio= 0,06 ppm.

Valor normal de riego de 0 a 40.

Hierro

0,31 ppm ----- F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

0,31 x 1.42

= 0.44 mg/l de F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Manganeso= 3,36 mg/l

Mn---MnO

3,36 x 1.29

= 4.33 mg/l.

Creación del mix nutricional según Steiner para la fertilización del tratamiento hidropónico. Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).

Transformación de elementos naturales a compuestos asimilables por la planta.

N= 167 ----- NO<sub>3</sub> (4.43) = 739.81 ppm

P= 31 ----- H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (1.38) = 42.78 ppm

K= 277-----K<sub>2</sub>O (1.20) = 332.4 ppm

Mg= 49-----MgO (1.65) = 80.85 ppm

Ca= 183-----CaO (1.39) = 254.37 ppm

S lo obtiene del remanente del sulfato de magnesio.

Fe= de 2 a 4 (3) -----Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.42) = 4.26 ppm

Mn= 0.62-----MnO (1.29) = 0,79 ppm

B= 0.44-----B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.21) = 1.41 ppm

Cu= 0.02-----CuO (1.25) = 0,25 ppm

Zn 0.11-----ZnO (1.24) = 0.13 ppm

### Requerimiento real de nutrientes para el t1 (hidropónico) verde.

Steiner	Agua mg/l	Real mg/l
<b>NO<sub>3</sub> = 739.81 ppm</b>	-	739.81
<b>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 42.78 ppm</b>	-	42.78
<b>K<sub>2</sub>O = 332.4 ppm</b>	2.80	329.6
<b>MgO = 80.85 ppm</b>	7.32	73.53
<b>CaO) = 254.37 ppm</b>	31.76	222.61
<b>S lo obtiene del remanente del sulfato de magnesio.</b>	-	-
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4.26 ppm</b>	0,44	3.82
<b>MnO = 0,79 ppm</b>	3,36	Superable
<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1.41 ppm</b>	-	-
<b>ZnO= 0,13 ppm</b>	-	0.13
<b>CuO= 0,25 ppm</b>	-	0.25

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante

Cloroquinación de agua, para calcular la cantidad de fertilizante por compuesto que se requieren para fertilizar el cultivo de la habichuela.

Formula de cloroquinar agua: Cant (g.cc) = Va X ppm X 0.1 X 1/%

Dónde: g= solido.

Cc= líquido.

Va= Volumen de agua.

Ppm= cantidad de nutriente

Cantidad de 0.1= Variable.

%= porcentaje en cantidad en el fertilizante.

Ejemplo: Requerimiento de calcio

Cant (g.cc) = Va X ppm X 0.1 X 1/%

CaO= 26.5

N= 15.5

1x222.61x0.1x 1/26.6

1x222.61x0.1x0.0377

=0.84

0.84 g/l de agua.

Cant (g.cc) = Va X ppm X 0.1 X 1/%

$$\frac{Cant}{Va \times 0.1 \times \frac{1}{\%}}$$

$$\frac{0.84 \text{ g/l}}{1 \times 0.1 \times \frac{1}{15.5\%}}$$

$$\frac{0.84 \text{ g/l}}{0,006}$$

Resultado= 140 ppm.

Hierro= 0.04 ppm

Manganeso=1.42 ppm

Superable presente en el kelkat mix hierro= 1.42

Cantidad presente en el agua= 3.36

$$1.42+3.36= 4.78$$

$$4.78-0.79$$

= 3.99 ppm superable.

Boro= 0.4 ppm

Zinc= 0.24 ppm

Cobre= 0.12 ppm

Molibdeno= 0.12 ppm.

Conformación de la receta según los requerimientos de Steiner (Windsor y Schwarz, 1990) para la creación del mix nutricional aplicable a través del fertirriego a la modalidad hidropónica, específicamente al tratamiento 1.

Ejemplo: Fosfato Monoamónico.

$$\text{Cant (g.cc)} = Va \times \text{ppm} \times 0.1 \times 1\%$$

$$1 \times 42.78 \times 0.1 \times 1/61$$

$$1 \times 42.78 \times 0.1 \times 0.016$$

$$= 0.068$$

$$\frac{\text{Cant}}{Va \times 0.1 \times \frac{1}{\%}}$$

$$\frac{0.068 \text{ g/l}}{1 \times 0.1 \times \frac{1}{12\%}}$$

$$\frac{0.068 \text{ g/l}}{0.008}$$

$$= 8.5 \text{ ppm}$$

Amonio ----- nitrato

NH<sub>4</sub>----- N

$$8.5 \times 0.78 = 6.63$$

$$N = 6.63 \times 4.43$$

$$= 29.37 \text{ ppm}$$

❖ Sulfato de magnesio

$$\text{Cant (g.cc)} = \text{Va} \times \text{ppm} \times 0.1 \times 1\%$$

$$= 0.44 \text{ ppm}$$

$$\frac{\text{Cant}}{\text{Va} \times 0.1 \times \frac{1}{\%}}$$

$$\frac{0.044 \text{ g/l}}{1 \times 0.1 \times \frac{1}{13\%}}$$

$$\frac{0.044 \text{ g/l}}{0.007}$$

$$= 62,85 \text{ ppm}$$

K = K<sub>2</sub>O

❖ Nitrato de potasio.

$$\text{Cant (g.cc)} = \text{Va} \times \text{ppm} \times 0.1 \times 1\%$$

$$= 0.6592 \text{ ppm}$$

$$\frac{\text{Cant}}{\text{Va} \times 0.1 \times \frac{1}{\%}}$$

$$\frac{0.6292 \text{ g/l}}{1 \times 0.1 \times \frac{1}{13.5\%}}$$

$$\frac{0.6292 \text{ g/l}}{0.007}$$

$$= 94.17 \text{ Nitrato.}$$

$\text{NO}_3 = 739.81 \text{ mg/l}$  según Steiner.

Aporte de otros fertilizantes (263.54ppm)

$739.81 - 263.54 = 426.27 \text{ ppm}$

= 426.27 ppm requerimiento faltante.

Nitrato de amonio---- amonio----nitrato

$3\% \times 0.78 = 2.34 \text{----} (4.43) = 10.36 \text{ NO}_3$

33 adicionales

$33 + 10.36 = 43.36$

$\text{Cant (g.cc)} = \text{Va} \times \text{ppm} \times 0.1 \times 1\%$

$1 \times 426.27 \times 0.1 \times 1 / 43.36$

$1 \times 426.27 \times 0.1 \times 0.02$

= 0.95ppm de nitrato de amonio.

### Receta del mix nutricional para fertirriego.

Compuesto químico	Gramos/L	Gramos/3L
Nitrato de Calcio	126	126
Fosfato Monoamónico.	0.68	102
Sulfato de magnesio	0.44	66
Nitrato de potasio.	0.66	98
Nitrato de amonio.	0.95	142.5
Kelkat Mix hierro.		6
mix de microelementos	0.04	

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante



En el cuadro anterior se muestra el resultado de conformación del mix nutricional para el fertirriego, el cual se aplicará a través de inyectores artesanales, los cuales son contenedores que almacenan la solución nutricional.

#### ❖ **Llenado de bolsas y creación del sustrato organopónico.**

Después de conocer las cantidades que componen el sustrato para cada tratamiento, se pesan los totales de cada componente y se crea el montículo, para luego mezclar los componentes.

Para el t2 se agregan 1.8x10 lo que da un total de 18 kg de aserrín y viruta y lo mismo para la composta, esta mezcla se le agrego 7.2 kg de carbón molido, para cumplir con lo que indica para mejorar la liberación de nitrógeno, 0.20 kg por kg de composta, si se agrega 18 kg de aserrín y viruta y 18 kg de composta lo que hace 36 kg totales, más 7.2 de carbón lo que hace 43.2 kg más lo que se le agrego de fibra de coco, que fueron alrededor de 9 kg.

Se colocan se multiplica el 1.8 del requerimiento por 10 para tener un exente para futuras muestras.

Luego de mezclar todos estos componentes con la ayuda de la pala y lograr una buena integración, se les aplica agua caliente con la ayuda de una regadera para eliminar patógenos. luego se procede al llenado de las bolsas, y lo que sobra se guarda en sacos.

Para el t3 y t4 se realiza la misma metodología conforme a las cantidades estipuladas para cada tratamiento.

T3

27 kg de aserrín y viruta + 9 kg de composta+ 9 kg de fibra de coco + 7.2 de carbón molida.

El resultado del montículo se mezcla con la ayuda de la pala se esteriliza de cualquier patógeno con agua caliente y se llena las bolsas.

T4

27 kg de composta + 9 kg de aserrín y viruta + 9 kg de fibra de coco + 7.2 de carbón molida.

El resultado del montículo se mezcla con la ayuda de la pala se esteriliza de cualquier patógeno con agua caliente y se llena las bolsas.

Lo que sobra se guarda en sacos.

#### ❖ **Siembra:**

Las semillas de habichuelas fueron sembradas bajo las siguientes modalidades:

Cultivo hidropónico: En el caso de las semillas de habichuelas sembradas 100% en fibras de cocos (hidropónicas).

Cultivo organopónico: Las semillas de habichuelas se sembraron en 50% de compost 50% de aserrín y viruta para el tratamiento 2, 25% de compost y 75% de aserrín y viruta para el tratamiento 3 y 75% de compost y 25 de fibras de aserrín y viruta para el tratamiento 4.

❖ **Testigo:** el cual fue sembrado en fibras de cocos y sin fertilización solo el riego con el agua del pozo.

La siembra se dio una semilla por bolsa (8) por cada tratamiento y dos semillas por cada bolsa r de cada tratamiento. La siembra se dio el día 24 de octubre de

2020.

La primera germinación se dio a los 3 días después de la siembra (27 de octubre 2020) y la última germinación se dio 8 días después de la siembra (1 de noviembre 2020).

❖ **Fertilización:**

- **Modalidad hidropónica:** La fertilización se realizó a través del riego, en la cual se le aplicará una solución nutricional directamente al agua basado en el requerimiento de la Solución Steiner (Windsor y Schwarz, 1990).
- **Modalidad organopónica:** En este caso la fertilización se llevó de tipo orgánica, la cual se introdujo directamente a través del sustrato, el cual sirvió junto con la fibra de coco como sustrato. el cual tiene la función de mantener la humedad y aportar los nutrientes que requiere el cultivo. Conviene aclarar que la modalidad testigo, no fue fertilizado.

La fertilización en el tratamiento hidropónico se dio a través del fertirriego compuesto de una solución nutricional, la cual está basada en los requerimientos de la solución universal de Steiner y el rango óptimo de absorción de nutrientes de la habichuela.

La creación de la solución nutricional se hizo pesando los gramos requeridos y disolviéndolos en un litro de agua, el único compuesto nutricional que había que mezclar solo era el nitrato de calcio se diluía igual en un litro de agua.

Luego de tener las mezclas separadas en dos recipientes distintos se procede a llenar los inyectores artesanales que son los contenedores donde se deposita el mix nutricional para que se mezcle con el agua, estos funcionan con presión y cada uno tiene una capacidad de 11 litros uno se dejó solo para el nitrato de

calcio y el otro para el resto de los fertilizantes.

Antes de cada aplicación se deben vaciar los residuos anteriores de los inyectores, luego se llenan con agua limpia nuevamente y se aplican los fertilizantes en el inyector que corresponde, luego de aplicar los fertilizantes se abren las llaves para que se mezcle con el agua del pozo y se dio el fertirriego.

Las mangueras que salen directamente de los inyectores van a las bolsas del tratamiento 1 verde (hidropónico) las 8 réplicas y la bolsa r.

la primera fertilización se da 13 días después de siembra, en los primeros 13 días la plántula absorbe los nutrientes contenidos en los cotiledones, luego que las plantas dan su primer par de hojas verdaderas ya están listas para su primera fertilización por el riego.

En el siguiente cuadro se muestran las fechas de las aplicaciones de fertilización y las lecturas realizadas a la muestra de agua.

**CUADRO VIII.**  
**Aplicaciones de fertilizantes**

Aplicación N°	Fecha	Días	pH	Conductividad eléctrica	Fase
1	07/11/2020	7	8.2	1926	vegetativa
2	14/11/2020	7	8.6	1706	vegetativa
3	21/11/2020	7	7.9	1852	vegetativa
4	28/11/2020	7	7.2	1751	vegetativa
5	04/12/2020	6	7.7	1654	reproductiva
6	09/12/2020	5	7.4	1744	reproductiva
7	15/13/2020	6	7.6	1862	reproductiva
8	22/14/2020	7	8.1	1687	cosecha

**Fuente:** Elaboración propia de estudiante

Se dio un total de 8 aplicaciones de fertilizantes a través del riego al tratamiento hidropónico.

Se muestran las fechas de aplicación y el rango de días entre una aplicación y la otra. En las lecturas se muestra el nivel de pH leído y la conductividad eléctrica luego de cada aplicación, esta nos permite conocer la disponibilidad de los nutrientes en el agua, casi 5 o 6 días después de la fertilización la conductividad eléctrica bajaba a 600 y 400 microsiemens/cm.

Estas lecturas se daban diarias para conocer el nivel de pH tanto en las mangueras del fertirriego como en las mangueras del agua normal.

Se tomaban embaces para contener el agua del gotero y se procedía con el peachímetro y el conductímetro a hacer las lecturas.

❖ **Riego:**

Se realizó por sistema de goteo, el mismo se adecuó a medidas de avances de las etapas fenológicas del cultivo, debido a que el requerimiento de la planta, lo mismos serán monitoreados y modificados en las diferentes etapas crecimiento de plántulas, floración y fructificación, esta última etapa será monitoreada hasta el día de la cosecha, después de obtener dichos resultados se podrá hacer estimaciones puntuales respecto a la cantidad de agua (litros) utilizadas durante el proyecto y también estimar la demanda total de cada tratamiento y de cada planta.

❖ **Cubicación de las bolsas:**

La cubicación de las bolsas se da para conocer el volumen de saturación en la cual se da el exceso de riego y el agua empieza a salirse de la bolsa.

La bolsa presenta una altura de 36 cm con dobladura recreada del

borde. El diámetro de la bolsa es de 25 cm.

Hay que conocer el punto alto del primer agujero de drenado de la bolsa para conocer el punto donde el riego satura la bolsa.

La altura es de 1 cm

**Formula:**

$$\pi (i)^2(A)$$

$$\pi =$$

$$3.1416$$

$$f = \frac{D}{2}$$

D= diámetro.

2= variable de la

formula. A= altura de

saturación. (3.1416)

$$(25/2)^2 (1)$$

$$(3.1416) (12.5)^2 (1)$$

$$(3.1416) (156.25) (1)$$

$$= 490.875$$

El 1 quiere decir la cantidad de minutos que se colocara cada vez que se riegue teniendo en cuenta los (14 ml) de riego promedio por minuto.

El riego fue solo el agua del pozo natural sin fertilización química por los primeros 13 días para la modalidad hidropónica, la misma empezó a recibir fertirriego después de los 13 días, la modalidad organopónica y el testigo recibieron hasta

el final agua natural, el espárrago se colocó para que goteé directamente dentro de la bolsa y mantenga húmedo el sustrato.

El aforo a los goteros se realizó midiendo 5 minutos de riego y tomando el volumen obtenido y sacando un promedio de los espárragos evaluados y así dar un promedio de riego por minuto, lo cual dio un resultado de 14 ml promedio por goteo.

El aforo al sistema de riego se realizó en goteros o espárragos de riego significativos, de los cuales se sumó su totalidad de ml en 5 minutos y se dividió la cantidad total de goteros aforados.

el rango estaba entre 60 ml a 80 ml en 5 minutos.

el promedio resultante fue de 70 ml por 5 minutos de riego.

el cultivo se empezó con 1 minuto de riego = 14 ml, finalizando en 6 minutos de riego = 84 ml promedio por gotero.

El riego se empezó a dar desde el día 1 de la siembra a un promedio por gotero de 14 ml, dándose 12 riegos cada media hora.

El riego se daba de manera automática gracias a un cronometro digital que tenía la turbina la cual se programaba de acuerdo al requerimiento del cultivo, del cual se empezó como se mencionó anteriormente en un minuto cada media hora, doce veces al día.

De acuerdo al aumento de necesidad hídrica de la planta se aumentaban los minutos de riego los cuales llegaron hasta 6 minutos en los últimos días del proyecto.

### CUADRO IX Periodicidad De Riego

Riego	Fecha	Días	Minutos	MI por riego
Plántula	24 de oct	14	1	14
Formación de guías	8 de nov	15	2	28
Floración	23 de nov	14	4	56
Cosechas	8 de nov	14	6	84

**Fuente:** *Elaboración propia de estudiante*

Los riegos se daban todos los días mientras duro el proyecto, se dieron ciertos imprevistos con la energía eléctrica, pero fueron solucionados.

Cabe resaltar que se recubrieron las mangueras con líneas de aserrín para evitar la exposición directa a la luz solar y evitar que estas se calienten, y así el agua del riego se calentara y afectara la planta.

#### ❖ **Control de malezas:**

Este se realizó de manera manual a razón de 2 veces por semanas. Con el propósito de que el cultivo se desarrolle en perfecto estado de inocuidad. Debido a que la existencia malezas pueden ser hospederos de patógenos que pueden afectar el desarrollo de la planta.

Conviene aclarar que ocurriesen circunstancias ajenas al responsable del presente proyecto referentes a la presencia de algún tipo de enfermedad o problema durante la etapa de crecimiento estas serán tratadas según las recomendaciones del técnico de vivero.

Es importante señalar que de presentarse las situaciones antes mencionadas las mismas se anotarían y se expondrán en el proyecto final, para mantener un control mayormente efectivo sobre la trazabilidad de la enfermedad y evitar



consecuencias significativas se estuvo monitoreando a la modalidad de siembra: organopónica e hidropónicas.

❖ **Desmalezado:**

Se empezaron a realizar 10 días después de la siembra, una cada semana. ya que plantas como la ortiga y otras malezas crecían por la presencia de humedad, cerca de las bolsas. Estas se eliminaban manualmente, o con la ayuda del machete y asada.

El propósito es mantener el área limpia y libre de malezas ya que estas son hospederas de patógenos y pueden ser perjudiciales a largo plazo.

❖ **Tutorado:**

El tutorado se realizó 16 días después de la siembra (9 de nov de 2020), se extendían líneas de alambre grueso sobre cada parcela de las cuales se desprendían hilos los mismos se tensaban con estacas amarradas a cada de lado de las bolsas, estos hilos quedaron rectos y tensos por los cuales se subían o se enredaban las habichuelas en su crecimiento para evitar que fueran rastreras y se expusieran a patógenos en el suelo.

❖ **Tiempo de cosecha:**

Según la habichuela utilizada en el presente proyecto la etapa de cosecha puede darse entre los 42 y 52 días. Destacando que la cosecha va a depender de los criterios y gusto de quien realiza el cultivo.

Después de observar las primeras apariciones de las vainas, ya estamos listos para realizar las cosechas cuando las vainas presenten el tamaño adecuado.

La forma de realizar las cosechas se hace de la siguiente manera se quitan de la planta las vainas que se pueden aprovechar, se cuentan y se rotulan con el

nombre de la planta, esta actividad se hace por tratamiento, y se lleva un control en un formulario para conocer las cosechas.

Las vainas que quedan se contabilizan para tener un aproximado de la cosecha siguiente, también se observa la cantidad de flores presente.

Luego que se cosecha se procede a pesar las cantidades obtenidas por planta, después con el pie de rey se mide el diámetro de la habichuela y con una regla se mide el largo, después que se obtiene todos los datos se tabulan y se guardan los datos para al final realizar un análisis estadístico.

Cosechas se realizadas fueron 4, dadas los días 12, 18, 23 y 30 de diciembre 2020 en las cuales se obtuvieron todos los datos necesarios requeridos por las variables para poder levantar un análisis estadístico sobre los resultados del proyecto y así conocer la eficacia real del aserrín y viruta como componente para abonos orgánicos dentro de la creación de sustratos para agricultura organopónica.

El 18 de diciembre durante la segunda cosecha con la ayuda del sensor Greenseeker se realizó el análisis planta por planta para conocer el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado.

El último día de cosecha se arrancaron las plantas para conocer su peso verde y luego realizar su peso seco y así obtener el resultado de esta variable de biomasa. Posteriormente también después de limpiadas la raíz se procedió a pesar el sistema radicular de cada planta por tratamiento.

#### ❖ **Unidad experimental:**

La unidad experimental estuvo formada por la siembra de la semilla de la habichuela, en cada bolsa rotulada con su tratamiento específico los cuales

fueron comparados en tres (3) sustrato; el proceso de siembra en sí, se realizó de manera directa en los invernaderos colocando una semilla por bolsa, en las bolsas r de cada tratamiento se colocaron dos (2) semillas por bolsa para asegurar si alguna bolsa presenta algún problema y se dé la pérdida del plantón, si no hay cambios se procede a ralea el plantón sobrante en la bolsa r a los trece (13) días luego de germinada, para sólo dejar un (1) plantón por bolsa para asegurar la homogeneidad del estudio.

❖ **Diseño experimental:**

Se utilizó un diseño experimental al azar (InfoStat, 2008), El número de repeticiones puede variar de un tratamiento a otro. El modelo lineal para la observación del tratamiento i en la parcela j,  $Y_{ij}$ , ajustado por InfoStat es:

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

donde:

$Y_{ij}$  observación del tratamiento i en la parcela j

$\tau_i$  efecto del tratamiento i

$\epsilon_{ij}$  término de error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

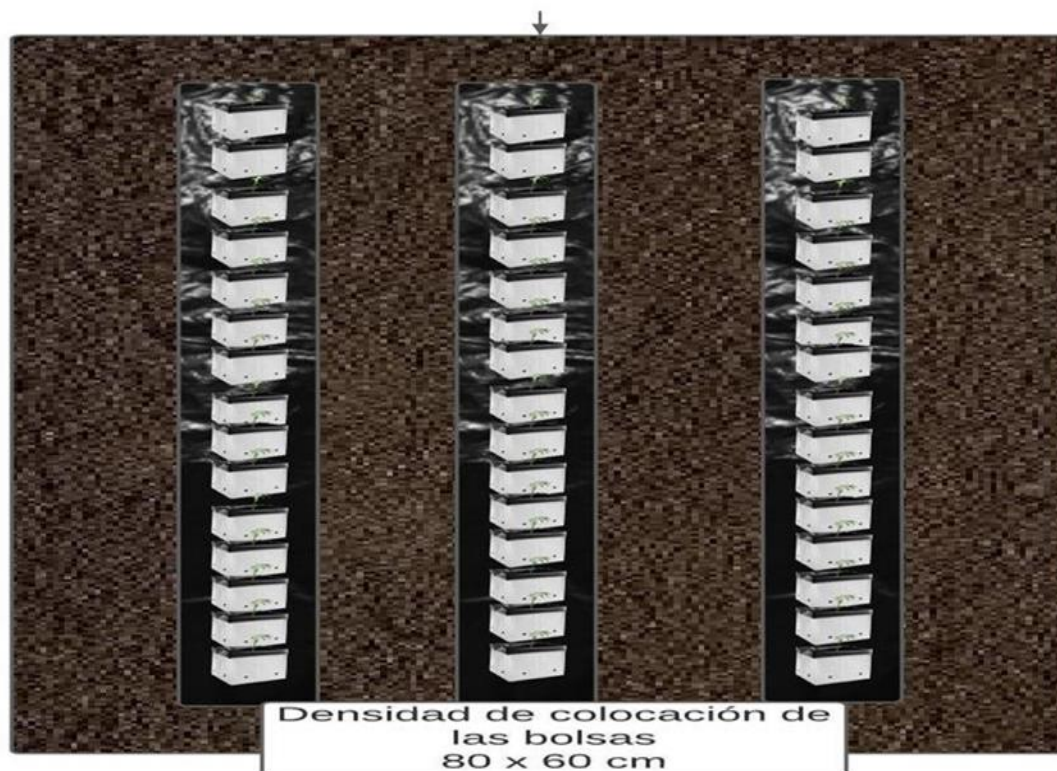
El diseño experimental se conformó por cinco (5) tratamientos (dos modalidades y testigo) y ocho (8) repeticiones en donde la unidad experimental es la planta de habichuela, donde se evaluarán las siguientes variables:

- **Cuantitativas continuas:** Peso de las habichuelas cosechada por planta (g), tamaño promedio de la habichuela largo y ancho (diámetro) expresado en (cm), altura de la planta (cm), tamaño de hoja seleccionada por planta (cm) y al final de la cosecha un análisis del sistema radicular el cual se expresará en peso (mg) de las raíces por planta. Análisis de biomasa por planta el cual

comprende los siguientes parámetros: NDVI Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, Biomasa seca y materia seca.

- **Variable discreta:** Cantidad de habichuelas cosechadas por plantas, Cantidad de flores, cantidad de guías o zarcillos por planta y También se evaluarán los días de germinación por tratamiento.

### Diseño Experimental



**Figura 3.** Diseño experimental sobre tres parcelas.

El diseño utilizado fue el de completamente al azar (InfoStat, 2008), el cual se establece en colocar las bolsas aleatoriamente y sin ningún orden que siga la lista de los tratamientos y sus réplicas que van del 1 al 40, diferenciadas por el color asignado a cada tratamiento.

El diseño se estableció en tres líneas o parcelas las cuales albergaran sobre ellas

15 bolsas, lo que dará un total de 45 bolsas en el proyecto.

Las inmediaciones del invernadero escogido son de 16 metros de ancho por 25 de largo.

Se utilizó solo un ala del invernadero (izquierdo) la que comprende 6.50 metros ancho y 25 de largo, en la cual se colocaron 3 líneas de plástico negro sobre las que se ubicaron las bolsas para sembrar y harán las veces de parcela.

La función del plástico es la de evitar el crecimiento de las malezas.

La densidad de ubicación de las bolsas fue de 80 cm de largo entre bolsas y 60 cm de ancho entre bolsas, lo cual fue escogido para poder tener alcance de los espárragos del goteo del sistema de riego.

En cuanto a las muestras se etiquetarán de acuerdo a número del 1 al 5 de la siguiente:

*T1=número de la muestra, señalado por el color verde.*

*T2=número de la muestra, señalado por el color azul.*

*T3=número de la muestra, señalado por el color amarillo. T4=número de la muestra, señalado por el color rojo T5=número de la muestra, señalado por el color blanco.*

### **3.1.3 Parámetros a evaluar**

Las primeras tomas de datos se dan para conocer la altura de la planta, la cantidad de hojas y guías, con estas variables podemos percibir el desarrollo de las plantas en esta etapa del cultivo. estas mediciones se hicieron el 12 de noviembre y el 22 de noviembre del 2020. Luego se realizó una última toma de

datos ante de las cosechas el día 4 diciembre donde se observaron las primeras vainas.

Con el presente proyecto experimental se evaluarán los siguientes parámetros:

- Tamaño de la hoja.
- Peso en kg por tratamientos en las unidades cosechadas.
- Tamaño de las vainas, largo y ancho (diámetro).
- Peso de las vainas.
- Cantidad de zarcillos o guías.
- Cantidad de flores.

El proyecto que desarrollado está constituido por las siguientes variables:

- **Cuantitativas continuas:** Peso de las habichuelas cosechada por planta (g), tamaño promedio de la habichuela largo y ancho (diámetro) expresado en (cm), altura de la planta (cm), tamaño de hoja seleccionada por planta (cm) y al final de la cosecha un análisis del sistema radicular el cual se expresará en peso (mg) de las raíces por planta. Análisis de biomasa por planta el cual comprende los siguientes parámetros: NDVI Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, Biomasa seca y materia seca.
- **Variable discreta:** Cantidad de habichuelas cosechadas por plantas, Cantidad de flores, cantidad de guías o zarcillos por planta y También se evaluarán los días de germinación por tratamiento.

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

## 4.1 Análisis estadístico

### 4.1.1 Medidas de resumen

Al terminar la etapa de cultivo tras la última cosecha, se recolectaron todos los datos necesarios para poder realizar los análisis estadísticos que nos mostraron los resultados que nos permitieron generar las conclusiones y así poder conocer el resultado final del proyecto.

En el siguiente cuadro observamos un resumen parcial del resultado de los análisis estadísticos aplicados las variables estudiadas (Análisis de varianza, prueba de comparación de medidas con Duncan y análisis multivariado de componentes principales), dichos análisis se realizaron con la colaboración del Mgter. Luis A. Barahona y la utilización de herramientas tecnológicas como el InfoStat y el manual de CIMMYT.

**CUADRO X**  
**Medidas De Resumen Resultado de**  
**las Variables.**

Tratamiento	dag	Altura	Largo hoja	largo vaina	diámetro vaina	NDVI	Guía/planta	vainas/planta	peso vaina	rend/planta	BS	MS	peso raíz
		cm							g	%		mg	
Hidropónico	4.7	230.0	18.3	22.9	1.0	0.80	10.8	66.8	8.7	578.4	102.4	17.3	30.1
Organopónico-1	5.1	238.1	16.4	20.9	0.8	0.75	8.1	24.7	9.2	227.4	87.0	18.8	29.4
Organopónico-2	4.7	212.8	16.8	19.8	0.8	0.78	8.7	38.3	10.4	399.6	113.2	16.6	24.0
Organopónico-3	5.2	221.9	17.0	20.5	0.8	0.72	7.1	30.4	10.2	308.8	103.2	17.8	32.3
Testigo	4.8	230.2	17.3	22.9	0.9	0.67	8.5	26.5	10.6	276.8	91.0	20.5	25.8
<b>Media</b>	4.9	226.3	17.2	21.3	0.9	0.8	8.6	38.1	9.8	364.0	100.0	18.0	28.5
<b>Desv. Est.</b>	0.6	11.6	1.3	2.1	0.2	0.1	1.7	16.1	1.1	128.3	9.9	1.6	3.8
Desv. Est.: desviación estándar; dag: días a germinación; NDVI: Índice Diferencial de Vegetación Normalizado; BS: biomasa seca; MS: materia seca													

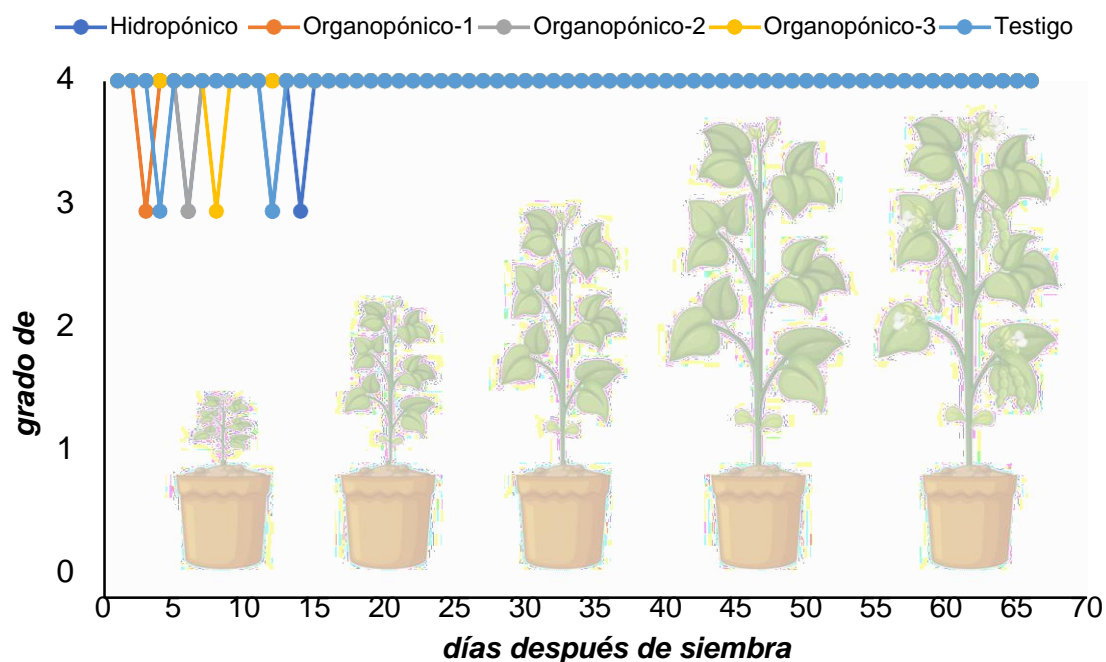
**Fuente:** Elaboración propia de estudiante (InfoStat, 2008).



En el cuadro de resumen observamos los resultados para cada variable, contemplando el rendimiento de los mismos, donde se muestra la superioridad del tratamiento Hidropónico y el tratamiento organopónico 2.

#### ❖ Condiciones agroclimáticas

**GRÁFICA 8.**  
Riego del cultivo de habichuela en las modalidades hidropónicas, organopónicas y testigo.

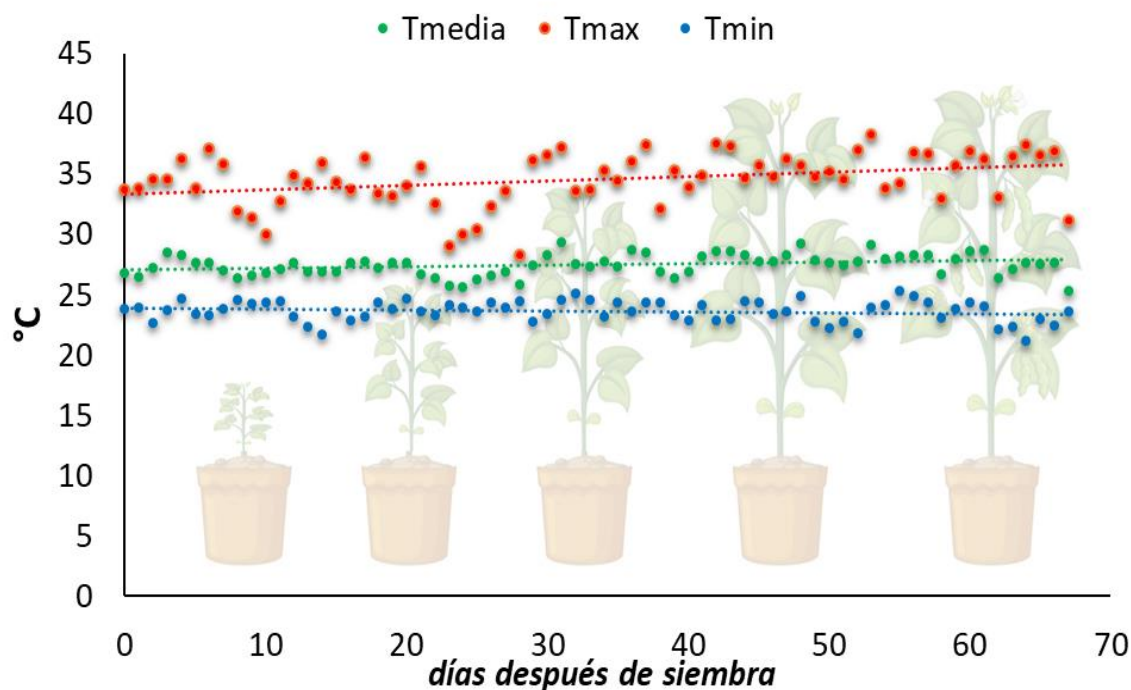


*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

En la gráfica de riego se puede observar la eficacia de los sustratos y la fibra de coco en la retención de humedad, lo cual es de importancia para el desarrollo del cultivo, ya que mantener siempre el rango de humedad necesario es vital para evitar estrés hídrico y problemas en el crecimiento de la planta, mal desarrollo de guías, aborto de flores y engorde defectuosos de vainas.

El rango de humedad a inicios del ciclo del cultivo oscilaba entre el rango 3 y 4. 15 días después de la siembra hasta la última cosecha se mantuvo en el rango 4 que es propicio en cuanto a la presencia de humedad en el sustrato para que la planta pueda asegurar su buen desarrollo en cada etapa.

**GRÁFICA 9.**  
**Rangos de temperatura**  
**monitoreados dentro del**  
**invernadero o casa de cultivo**  
**durante el tiempo de cultivo.**



*Fuente: Elaboración propia de estudiante*

La grafica de temperatura nos muestra los resultados captados por la estación meteorológica ubicada en el invernadero (casa de cultivo) donde se desarrolló el cultivo para los fines investigativos de la tesis, el cual pudo sondear los valores de temperaturas entre los máximos y mínimos, teniendo en cuenta que

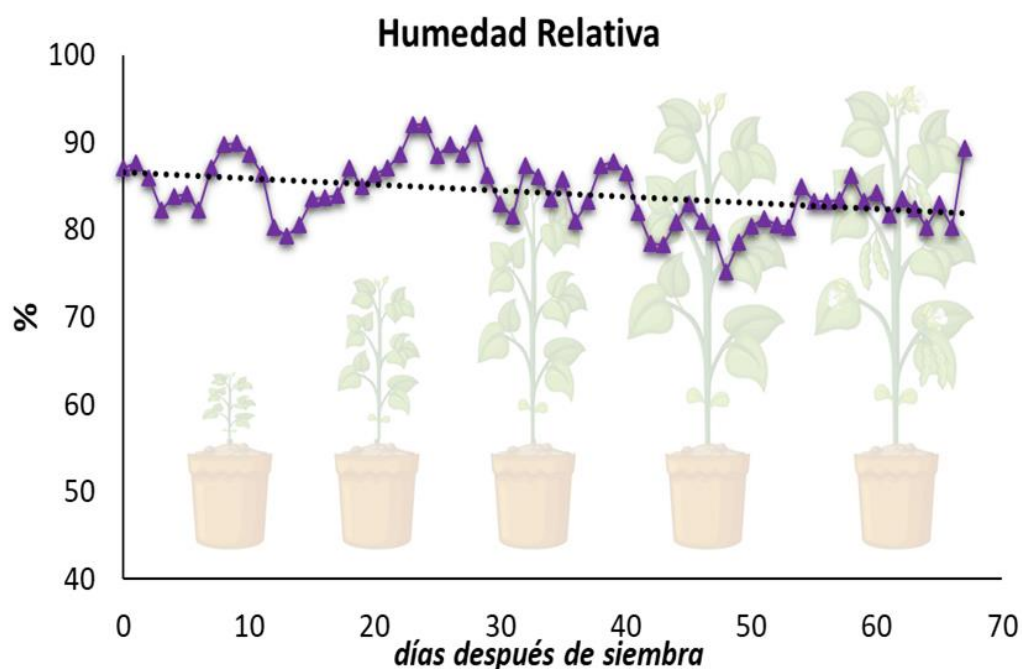
la época del año en que se dio la siembra y se llevó a cabo el ciclo del cultivo fue entre los meses de octubre y diciembre donde se da la transición de la época lluviosa a seca y se va ver una variabilidad marcada en el aumento de las temperaturas a finales del mes de diciembre.

Podemos mencionar que las temperaturas bajas oscilaron entre los 20° C y los 25° C, temperaturas optimas y muy favorables para la buena producción de la habichuela y así lo vimos reflejado en los resultados de las cosechas.

Las temperaturas medias captadas por la estación meteorología iban desde los 25°C hasta por debajo de los 30°C.

Las lecturas de las temperaturas máximas fueron percibidas por debajo de los 30°C y mayores a 35°C siendo estas temperaturas no favorables para el cultivo de la habichuela ya que provocan abortos en las flores y curvaturas en las vainas (Infoagro, 2018), pero en los resultados del cultivo de la habichuela no se presentó ninguna de estas afectaciones ya que estas temperaturas no eran constantes y se daban en periodos cortos de tiempo.

**GRÁFICA 10.**  
**Humedad relativa del ambiente dentro del invernadero o casa de cultivo donde se encontraba la unidad experimental.**



*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

La humedad relativa es una variable que depende de la temperatura, podemos observar en la gráfica de humedad relativa el comportamiento de la línea a lo largo de los días que duro el cultivo manteniéndose entre menos del 80% y 90%, esto indica que los valores se mantenían altos, la humedad relativa dentro de un invernadero es un factor climático importante que tiene inferencia en el proceso de fotosíntesis de las plantas, si estos valores no son favorables para el desarrollo del cultivo se reduce la transpiración por el exceso de humedad y se ve afectado el crecimiento de la planta por la dificultad de absorber los nutrientes.

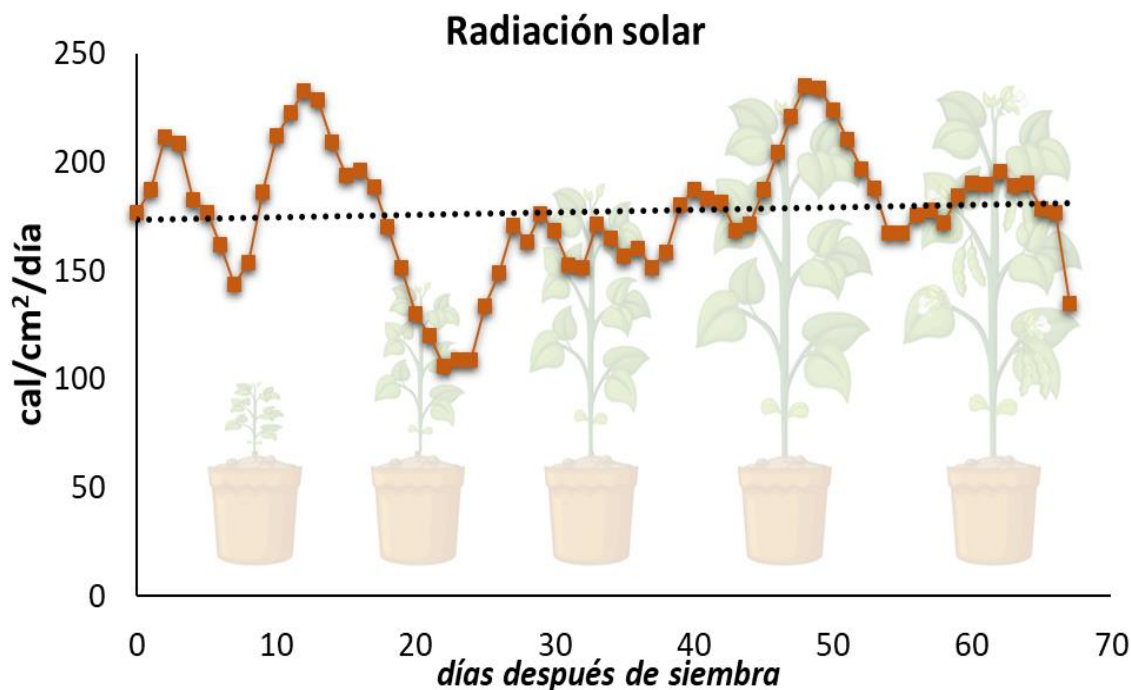
La humedad relativa de la habichuela va desde el 60% al 75% nuestros valores

son más altos que los que presenta la literatura (Infoagro, 2018).

Para comprobar que nuestro rendimiento por metro cuadrado no se ve directamente afectado por el elevado porcentaje de la humedad relativa en el ambiente del invernadero se realizó una comparación con otros estudios en especies de habichuelas (enredaderas) al aire libre, con nutrición por fertilizantes químicos y aplicación de microorganismos eficientes (*Rhizobium*) los cuales para ellos arroja un resultado de producción de habichuela por m<sup>2</sup> de 1.13 kg (Araujo, 2011) y para mi proyecto en la modalidad hidropónica t1 1.15 kg por m<sup>2</sup> y en la modalidad organopónica 0.80 kg m<sup>2</sup> para el tratamiento orgánico 2 (t3).

Nuestra producción final para la modalidad hidropónica sobrepasa la comparación literaria y para el tratamiento organopónico quedo por debajo del valor de comparación, pero esto no quiere decir que la producción haya sido mala.

**GRÁFICA 11.**  
Radiación solar captada dentro del  
invernadero o casa de cultivo.



*Fuente: Elaboración propia de estudiante.*

Como podemos observar en la gráfica de radiación solar el comportamiento fluctuante de los valores sobre la línea de la media, estas caídas de los valores obedecen a la nubosidad de los días de lluvia propios de la época y los fenómenos naturales Eta y Iota que azotaron al país entre los meses de octubre y noviembre.

## 4.2 ANALISIS DE SUPUESTOS

Se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (Levene), para determinar si los datos de las variables de respuesta cumplían los requisitos para realizar un análisis de varianza. Días a germinación, altura de planta y vainas por planta, no cumplían con la distribución normal, por lo cual se transformaron con el logaritmo natural (LN) con lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza.

**CUADRO XI.  
Análisis De Supuestos**

Variable	Normalidad (Shapiro-Wilk)			Homocedasticidad (Levene)	
	gl	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Días a germinación	44	0.75	0.000	0.02	0.901
Altura de planta	44	0.81	0.000	14.51	0.000
Largo de hoja	44	0.93	0.098	0.14	0.710
NDVI	44	0.95	0.077	4.13	0.149
Guía por planta	44	0.92	0.074	2.12	0.153
Vaina por planta	44	0.83	0.000	101.00	0.000
Largo de vaina	44	0.96	0.106	0.94	0.338
Diámetro de vaina	44	0.92	0.087	0.44	0.513
Peso por vaina	44	0.97	0.409	3.01	0.090
Rendimiento por planta	44	0.88	0.100	36.99	0.090
% Materia seca	44	0.95	0.077	3.42	0.072
Biomasa seca	44	0.95	0.085	8.94	0.466
Peso de raíz	44	0.92	0.074	11.22	0.719
Días a germinación (LN)	44	0.52	0.090	0.02	0.979
Altura de planta (LN)	44	0.21	0.110	14.51	0.080
Vaina por planta (LN)	44	0.43	0.075	20.30	0.730

#### IV. ANÁLISIS DE VARIANZA

##### Días a germinación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
germinación (día)	42	0.17	0.08	11.26

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

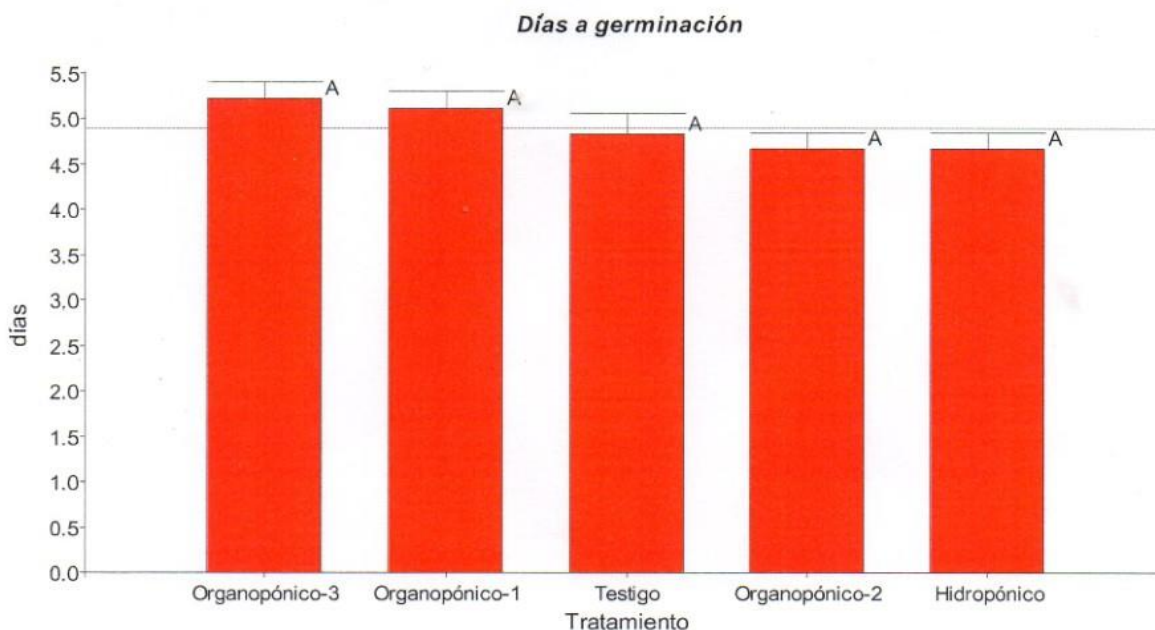
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.34	4	0.59	1.92	0.1275
Tratamiento	2.34	4	0.59	1.92	0.1275
Error	11.28	37	0.30		
Total	13.62	41			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.3048 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Organopónico-3	5.22	9	0.18	A
Organopónico-1	5.11	9	0.18	A
Testigo	4.83	6	0.23	A
Organopónico-2	4.67	9	0.18	A
Hidropónico	4.67	9	0.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



Como se puede apreciar en la gráfica de germinación, no hay diferencia significativa y se ve que los tratamientos en germinar más rápido fueron el organopónico 2 (t3) y el testigo (t5) los cuales presentan valores por debajo de la media de los días de germinación (4.9) los tres tratamientos sobrantes: hidropónico (t1) Organopónico 1 (t2) y 3 (t4) presentan la germinación en días por arriba del valor de la media.



### Altura de planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm)	42	0.60	0.55	3.42

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

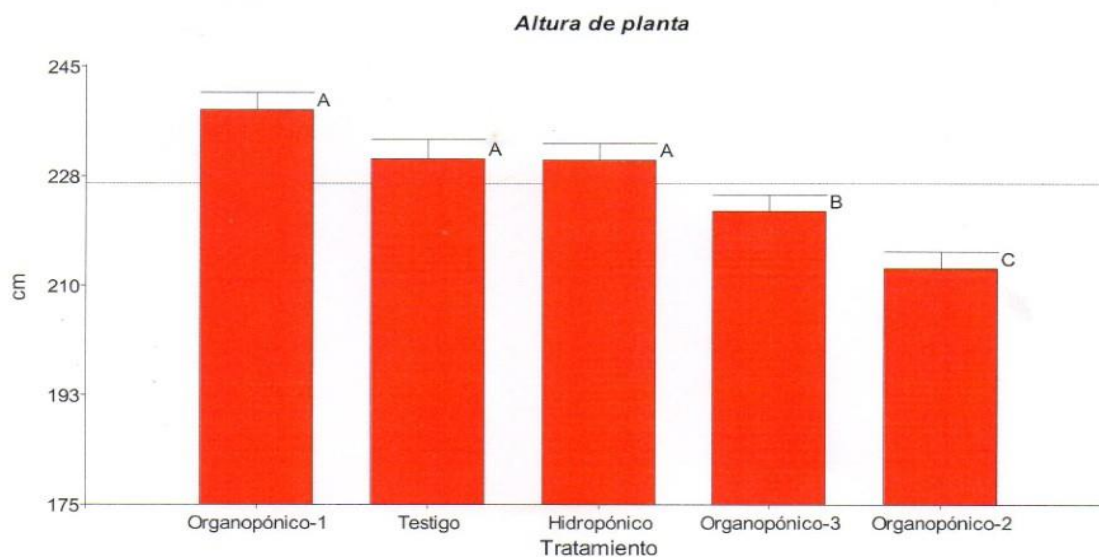
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3289.17	4	822.29	13.73	<0.0001
Tratamiento	3289.17	4	822.29	13.73	<0.0001
Error	2216.17	37	59.90		
Total	5505.33	41			

#### Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 59.8964 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Organopónico-1	238.11	9	2.58	A
Testigo	230.17	6	3.16	A
Hidropónico	230.00	9	2.58	A
Organopónico-3	221.89	9	2.58	B
Organopónico-2	212.78	9	2.58	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



Como se detalla en la gráfica referente a la altura de la planta esta se presentó en cm con el propósito de conocer la eficacia en el desarrollo de cada uno de los tratamientos, de estos el que lidero la gráfica fue el tratamiento organopónico 1 (t2) luego seguido por el hidropónico (T1) y el testigo (T5) los cuales presentaban valores por arriba de la media (226.3) luego por debajo de este valor el tratamiento organopónico 3 (t4) y 2 (t3) los cuales no se quedaron muy rezagados y presentaron un buen crecimiento.

### largo de hoja

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
largo hoja (cm)	42	0.26	0.18	6.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.72	4	4.68	3.26	0.0218
Tratamiento	18.72	4	4.68	3.26	0.0218
Error	53.11	37	1.44		
Total	71.83	41			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 1.4354 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Hidropónico	18.33	9	0.40	A	
Testigo	17.33	6	0.49	A	B
Organopónico-3	17.00	9	0.40		B
Organopónico-2	16.78	9	0.40		B
Organopónico-1	16.44	9	0.40		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



El largo de la hoja es un indicativo del desarrollo vegetativo de la planta, los 5 tratamientos como se puede ver en la gráfica presentan valores muy similares, resaltaron sobre la media (17.2) el hidropónico (t1) y el testigo (t5), con valores muy cercanos a la media los tres 3 tratamientos organopónicos.

**NDVI**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NDVI	42	0.45	0.39	6.56

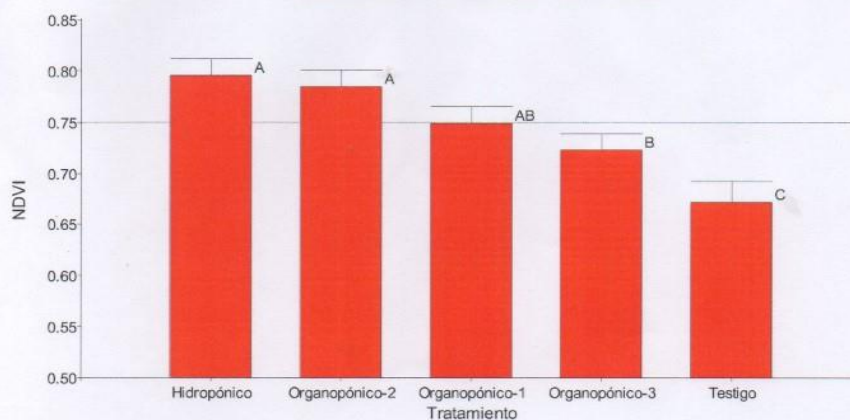
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	4	0.02	7.57	0.0001
Tratamiento	0.07	4	0.02	7.57	0.0001
Error	0.09	37	2.4E-03		
Total	0.16	41			

**Test: Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0024 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Hidropónico	0.80	9	0.02	A
Organopónico-2	0.78	9	0.02	A
Organopónico-1	0.75	9	0.02	A B
Organopónico-3	0.72	9	0.02	B
Testigo	0.67	6	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Índice Diferencial de Vegetación Normalizado**

El índice diferencial de vegetación normalizado nos hace eco de la biomasa de la planta y su desarrollo en cada tratamiento, como se puede observar en la gráfica de NDVI los que comandan los comandan los valores más altos por arriba de la media son los tratamientos Hidropónico (t1) y organopónico 2 (t3) seguidos por el organopónico 1 (t2) y por debajo de la media el organopónico 3 (t4) y el testigo.

### Guía por planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Guía/planta	42	0.54	0.49	14.09

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64.81	4	16.20	10.93	<0.0001
Tratamiento	64.81	4	16.20	10.93	<0.0001
Error	54.83	37	1.48		
Total	119.64	41			

### Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 1.4820 gl: 37

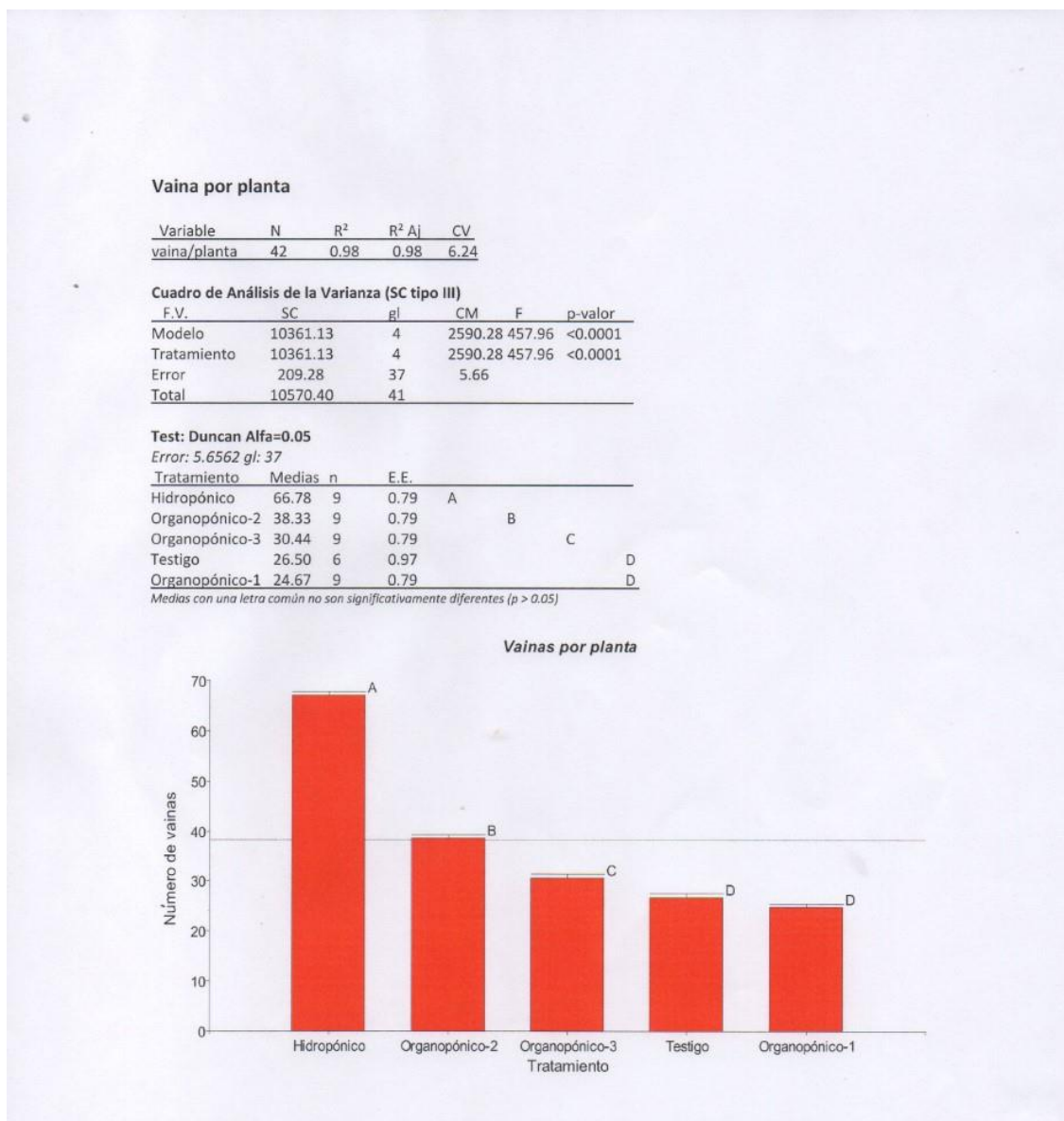
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Hidropónico	10.78	9	0.41	A
Organopónico-2	8.67	9	0.41	B
Testigo	8.50	6	0.50	B
Organopónico-1	8.11	9	0.41	B C
Organopónico-3	7.11	9	0.41	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Guías por planta



Las guías en la planta de habichuela (enredadera) son un segmento más que sale la planta principal y en ella se pueden dar el desarrollo de flores y vainas lo que dará un mejor resultado en producción, Como notamos al observar la gráfica de guías por planta el tratamiento que sobresale es el tratamiento hidropónico (t1) seguido por el tratamiento organopónico 2 (t3) los cuales están por arriba del valor de la media (8.6) seguidos por debajo de este valor los tres tratamientos restantes.



Como se puede apreciar en esta grafica sobresalen del valor de la media (38.1) el tratamiento hidropónico (t1) con una marcada ventaja y luego el organopónico 2 (t3), por debajo del valor de la media se encuentran la producción del tratamiento organopónico 3 (t4), testigo y al final el organopónico 1 (t2). Esta variable es un indicativo de producción y rendimiento con la cual se puede sustentar la efectividad del sustrato para el tratamiento orgánico 2, y la buena producción y manejo del tratamiento hidropónico marcó una gran producción (Infoagro, 2018).



### Largo de vaina

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
largo/vaina (cm)	42	0.36	0.29	8.36

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65.75	4	16.44	5.19	0.0020
Tratamiento	65.75	4	16.44	5.19	0.0020
Error	117.28	37	3.17		
Total	183.03	41			

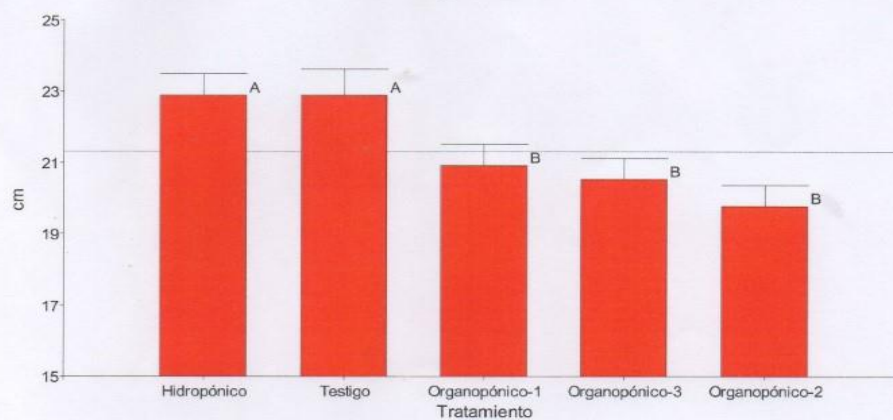
### Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 3.1696 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Hidropónico	22.90	9	0.59	A
Testigo	22.90	6	0.73	A
Organopónico-1	20.93	9	0.59	B
Organopónico-3	20.53	9	0.59	B
Organopónico-2	19.78	9	0.59	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Largo de vainas



El largo de vainas es una variable que junto al diámetro son indicativos de la buena calidad y presentación del producto para su venta, en esta grafica se señala que los mejores tratamientos sobre la media (21.3) son el hidropónico (t1) y el testigo (t5), por debajo de la media, pero con valores muy cercanos los tres tratamientos organopónicos.

**Diámetro de vaina**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
diámetro/vaina (cm)	42	0.29	0.22	15.02

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

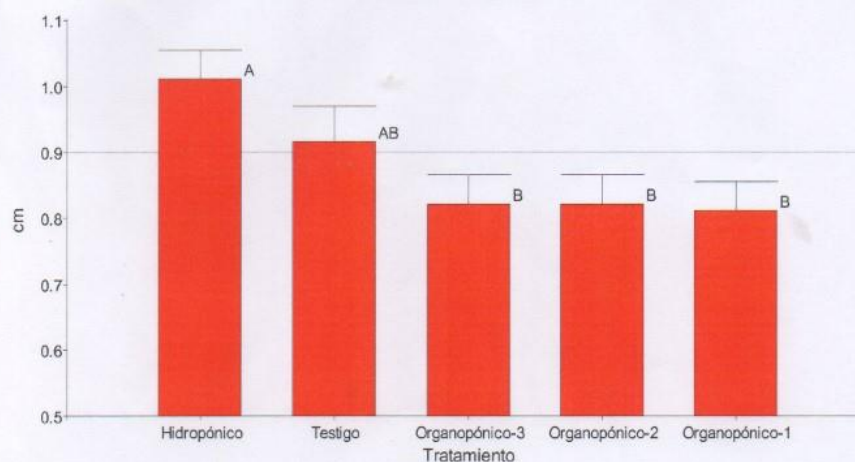
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	4	0.07	3.83	0.0105
Tratamiento	0.26	4	0.07	3.83	0.0105
Error	0.64	37	0.02		
Total	0.90	41			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0172 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Hidropónico	1.01	9	0.04	A
Testigo	0.92	6	0.05	A B
Organopónico-3	0.82	9	0.04	B
Organopónico-2	0.82	9	0.04	B
Organopónico-1	0.81	9	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Diámetro de vainas**

Se puede notar en la gráfica de barras del diámetro de vaina para los 5 tratamientos los siguientes resultados: sobre la media (0.9) se destacan tratamiento hidropónico (t1) y el testigo (t5), por debajo de la media, pero con valores muy cercanos (0.8) los tres tratamientos organopónicos.

**Peso por vaina**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
peso/vaina (g)	42	0.48	0.42	8.34

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.51	4	5.63	8.47	0.0001
Tratamiento	22.51	4	5.63	8.47	0.0001
Error	24.59	37	0.66		
Total	47.11	41			

**Test: Duncan Alfa=0.05**

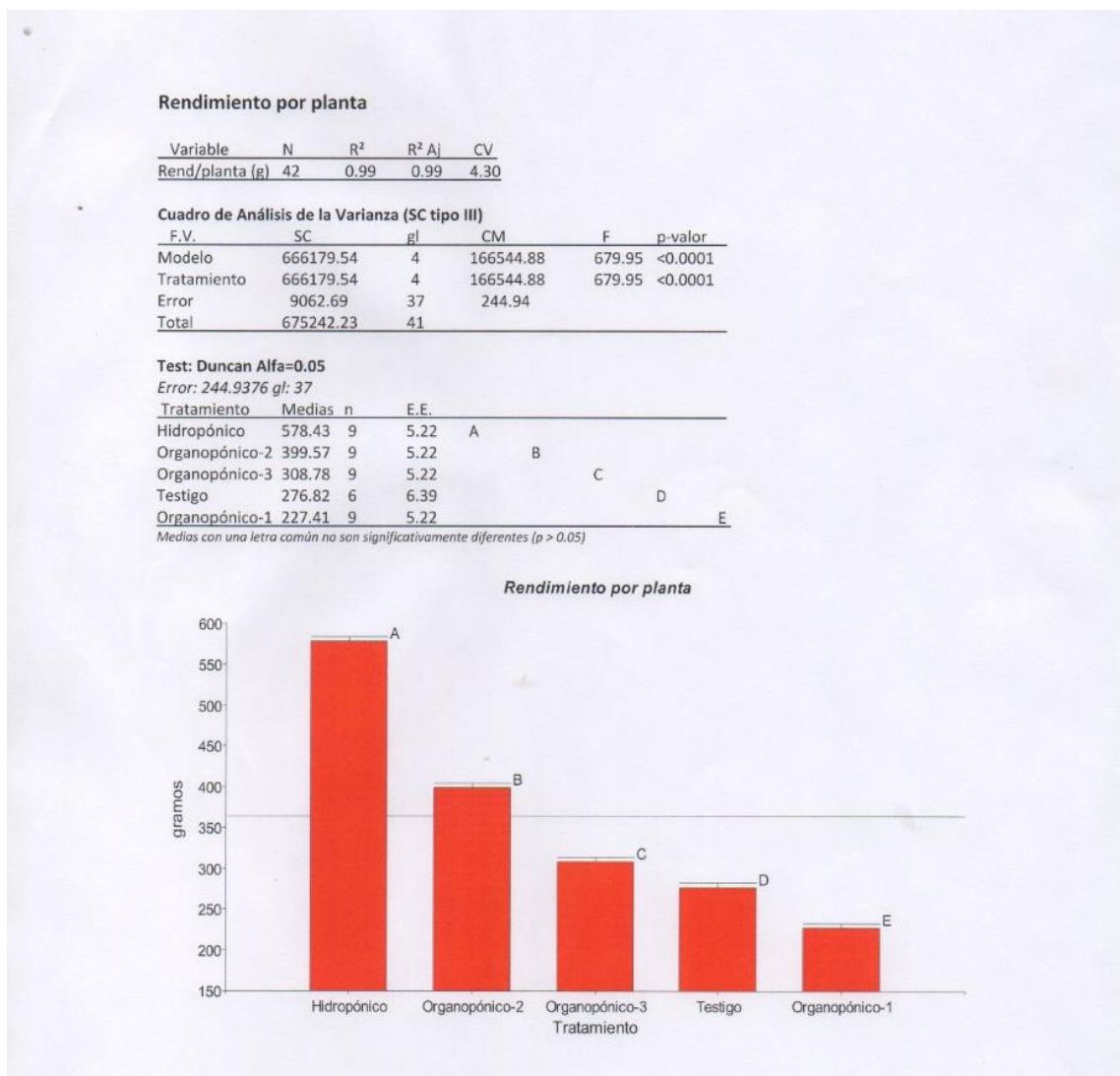
Error: 0.6646 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	10.60	6	0.33	A
Organopónico-2	10.43	9	0.27	A
Organopónico-3	10.17	9	0.27	A
Organopónico-1	9.24	9	0.27	B
Hidropónico	8.69	9	0.27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Peso promedio por vaina**

El peso por vaina en cada tratamiento es una variable más que nos ayuda a calcular el rendimiento y la productividad final del proyecto de investigación, como se contempla en la gráfica de peso de vaina comandan los valores el tratamiento testigo (t5) y organopónico 2 (t3) seguido por el tratamiento organopónico 3 (t4) estos tres tratamientos están sobre la media (9.8) debajo de la media se ubican los tratamientos: hidropónico (t1) y organopónico 1 (t2).





Se puede observar en la gráfica que los tratamientos: Hidropónico (t1) con una ventaja significativa y organopónico 2 (t3) son los que presentan el mejor rendimiento y se puede observar por encima de la media (364.0) los otros tratamientos presentan valores por debajo de la media, esto no quiere decir que estos tratamientos no sean eficaces lo que se puede aducir es que se debe esperar o volver a utilizar los sustratos organopónicos ya que entre más tiempo pase más se degradan y pueden liberar nutrientes y aportar a la composta para una mejor producción.

**% de Materia seca**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
%MS	42	0.64	0.60	5.63

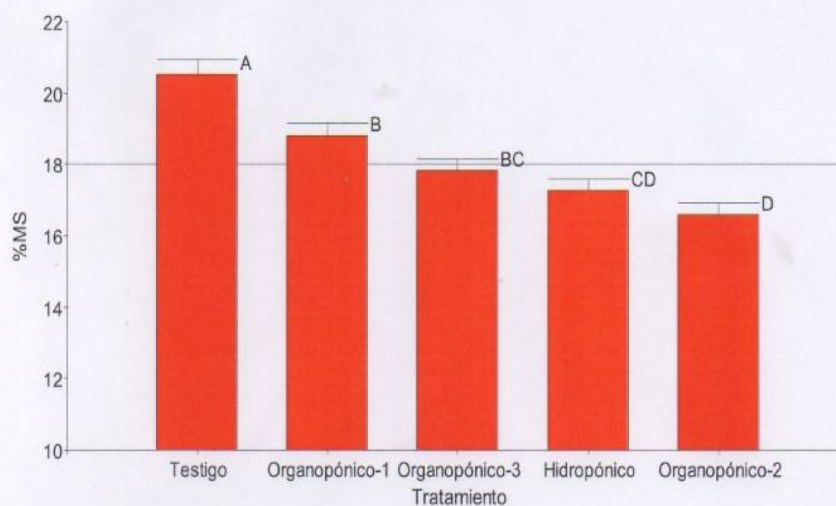
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66.87	4	16.72	16.21	<0.0001
Tratamiento	66.87	4	16.72	16.21	<0.0001
Error	38.17	37	1.03		
Total	105.04	41			

**Test: Duncan Alfa=0.05**

Error: 1.0315 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	20.52	6	0.41	A
Organopónico-1	18.81	9	0.34	B
Organopónico-3	17.83	9	0.34	B C
Hidropónico	17.27	9	0.34	C D
Organopónico-2	16.59	9	0.34	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Materia Seca**

Como se puede apreciar en la gráfica de % de materia seca el testigo y el organopónico 1 (t2) presentan un mayor porcentaje el cual está por arriba de la media (18), tanto el tratamiento organopónico 3 (t4), Hidropónico (t1) y el tratamiento organopónico 2 (t3) presentan valores menores que la media.

### Producción de biomasa seca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
BS(g)	42	0.93	0.93	2.69

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3727.64	4	931.91	128.98	<0.0001
Tratamiento	3727.64	4	931.91	128.98	<0.0001
Error	267.33	37	7.23		
Total	3994.98	41			

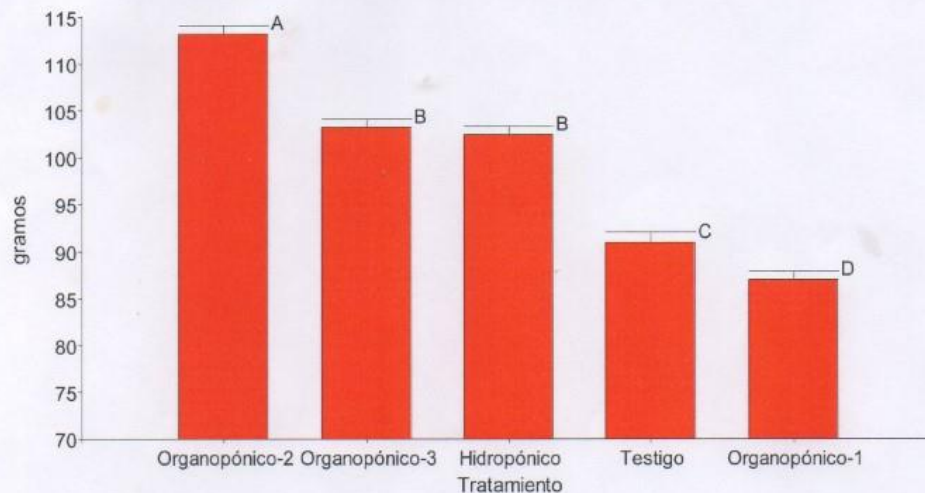
### Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 7.2252 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Organopónico-2	113.22	9	0.90	A
Organopónico-3	103.22	9	0.90	B
Hidropónico	102.44	9	0.90	B
Testigo	91.00	6	1.10	C
Organopónico-1	87.00	9	0.90	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Producción de Biomasa Seca



En la correspondiente gráfica se muestran los valores los cuales establecen el siguiente orden de mayor a menor: Organopónico 2 (t3), Organopónico 3 (t4), Hidropónico (t1), Testigo (t5) y Organopónico 1 (t2). Estos valores se conocieron después de la realización de análisis en el laboratorio para lo cual se utilizó cada una de las plantas en estado seco.

**Peso de raíz**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj
CV peso/raíz (mg)			
	42	0.66	0.63
	8.11		

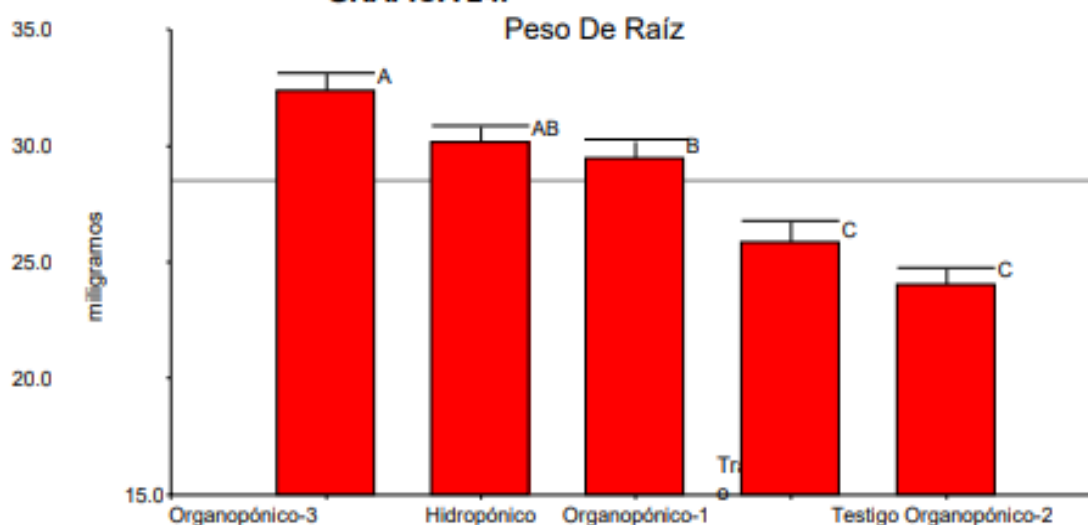
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	388.53	4	97.13	18.16	<0.0001
Tratamiento	388.53	4	97.13	18.16	<0.0001
Error	197.94	37	5.35		
<b>Total</b>	<b>586.48</b>	<b>41</b>			

**Test: Duncan Alfa=0.05**

Error: 5.3498 gl: 37

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Organopónico-3	32.33	9	0.77	A	
Hidropónico	30.11	9	0.77	A	B
Organopónico-1	29.44	9	0.77		B
Testigo	25.83	6	0.94		C
Organopónico-2	24.00	9	0.77		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**GRÁFICA 24.**

Al finalizar el ciclo del cultivo se extrajo la raíz de cada planta para poder observar el desarrollo radicular en los sustratos de cada tratamiento, por lo cual se observa en la gráfica de peso de raíz los siguientes resultados: organopónico 3 (t4), Hidropónico (t1) y organopónico 1 (t2) los cuales establecen sus valores sobre la media (28.5). El tratamiento organopónico restante y el testigo se ubican por debajo de la media.

### 4.3 Análisis de componentes principales

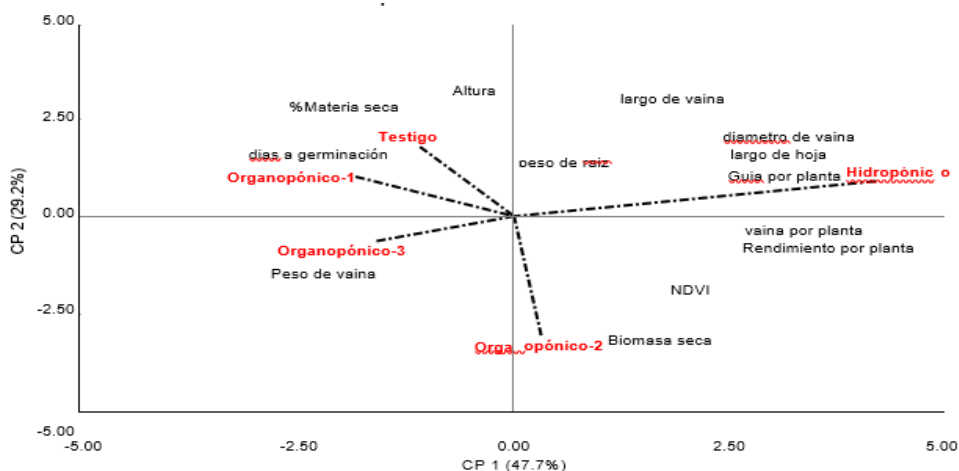
Se realizó una prueba de Kaiser-Meyer-Olkin para determinar la adecuación muestral, obteniéndose un valor cercano a uno (0.813), indicando que se puede realizar el PCA, según lo descrito por Montoya-Suárez (2007).

#### Prueba de KMO y Bartlett para adecuación muestral

Medida Kaiser-Meyer-Olkin		0.851
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi <sup>2</sup>	420.140
	gl	78
	Sig.	<0.001

Se procedió a realizar un análisis multivariado de Componentes Principales con las variables de respuesta para observar la asociación entre alguna de las mismas.

**GRÁFICA 25.**  
Explicación de varianza -  
Biplot de Variables.



En el Biplot observamos el movimiento lineal de cada tratamiento hacia la variable donde es dominante, observamos en el mismo Biplot que la dominancia con las variables más significativas las expresan los tratamientos: hidropónico 1 y organopónico 2 (InfoStat, 2008).

### Análisis económico de presupuesto parcial

Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial según la metodología del CIMMYT (1988), tomando como referencia el área del invernadero utilizado en el estudio (400 m<sup>2</sup>), con el precio de referencia de la habichuela en el mercado que estaba en B/. 3.19 por kg, en base al costo de los tratamientos prorrateado a dos ciclos de cultivo (utilización de los sustratos en dos ciclos).

#### CUADRO XII.

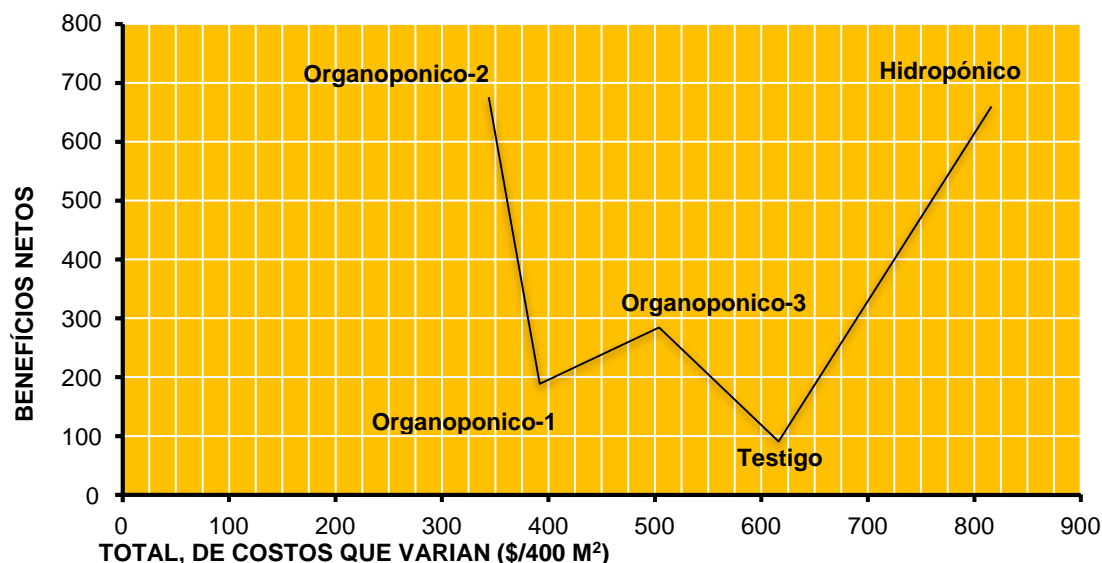
##### Análisis económico parcial de los tratamientos evaluados según la metodología propuesta por (CIMMYT, 1998), en base a 400 m<sup>2</sup>.

DETALLE	TRATAMIENTO				
	T1 Hidropónico 0	T2 Organopónico 0 1	T3 Organopónico 2	T4 Organopónico 0 3	T5 Testigo
Rendimiento (kg)	462.7	181.9	319.7	247.0	221.5
costo del tratamiento	B/.1,632.00	B/.784.00	B/.688.00	B/.1,008.00	B/.1,232.00
total, costos que varían	B/.816.00	B/.392.00	B/.344.00	B/.504.00	B/.616.00
beneficio bruto	B/.1,476.15	B/.580.35	B/.1,019.70	B/.788.01	B/.706.44
Beneficio neto	B/.660.15	B/.188.35	B/.675.70	B/.284.01	B/.90.44

Nota: el total de costos que varían entre los tratamientos se expresan para un ciclo del cultivo, ya que los sustratos pueden reutilizarse por dos ciclos.

En el cuadro de análisis económico parcial, se observa que los tratamientos con mayor costo son los que contienen fibra de coco (Hidropónico y testigo) seguido con los tratamientos que tienen mayor cantidad de composta/aserrín que son Organopónico-3 (75%/25%), Organopónico-1 (50%/50%) y Organopónico-2 (25%/75%). Tomando en cuenta los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y los costos de cada uno, se aprecia que el mejor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento Organopónico-2, muy semejante al hidropónico. En la gráfica de la curva de beneficios netos, la cual integra los beneficios netos con el total de los costos que varían de acuerdo con cada tratamiento, se observa que los tratamientos Organopónico-1, Organopónico-3 y testigo, son dominados, presentando valores en la curva por debajo de los tratamientos Organopónico-2 y el Hidropónico. En la gráfica se observa que con el tratamiento Organopónico-2, se obtiene un beneficio neto similar al obtenido con el tratamiento hidropónico, con un costo menor.

**GRÁFICA 26.**  
**Curva de Beneficios netos**  
**(Habichuela)**



El gráfico de la curva de beneficios netos muestra la tasa de retorno Marginal que resulta de cambiar un tratamiento de menor costo por uno de mayor costo (Evans, 2008) (CIMMYT, 1998) que normalmente los productores suponen una tasa mínima de retorno aceptable no menor al 50% para tecnologías que representan ajustes sencillos en sus prácticas y de 100% cuando la tecnología recomendada es nueva (Evans, 2008).

### CUADRO XIII

#### Comparación de contenido de nutrientes por tratamiento sustrayendo muestras antes de la siembra y después de la cosecha

Momento	Tratamiento	pH	P2O <sub>5</sub>	MO	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Na	Cu	Mn	Zn
		1:2.5	%						mg/Kg		
antes	Organopónico-1	7.87	0.14	22.34	0.27	0.67	0.43	0.28	1.00	81.00	14.70
	Organopónico-2	7.40	0.27	18.67	0.25	0.63	0.49	0.22	1.00	63.30	9.30
	Organopónico-3	8.15	0.08	30.09	0.27	0.56	0.45	0.34	0.80	54.70	3.00
después	Organopónico-1	7.66	0.28	15.00	0.08	0.61	0.50	0.05	1.00	66.00	14.30
	Organopónico-2	7.79	0.11	21.23	0.12	0.69	0.45	0.20	1.00	66.30	10.00
	Organopónico-3	8.18	0.05	11.76	0.08	0.64	0.43	0.12	1.00	75.70	12.70
diferencia	Organopónico-1	-0.21	0.14	-7.34	-	-	0.07	-	0.00	-	-0.40
	Organopónico-2	0.39	-	2.56	-	0.06	-	-	0.00	3.00	0.70
	Organopónico-3	0.03	-	-	-	0.08	-	-	0.20	21.00	9.70
			0.03	18.33	0.19		0.02	0.22			

Conocimos los niveles actuales del sustrato después del ciclo del cultivo de la habichuela, mediante análisis de laboratorio practicados al sustrato y medir por tratamiento el contenido actual de nutrientes que posee después de la cosecha, lo cual nos puede servir para planear con ese mismo sustrato futuras siembras basadas en el principio de agricultura organopónica.



## CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de la presente investigación titulada: “**Análisis de materiales orgánicos para la elaboración de sustratos para la producción hortícola**”.

Los resultados alcanzados nos permiten presentar las siguientes conclusiones, válidas para las condiciones del proyecto realizado:

- ❖ Se ve la efectividad de materiales orgánicos como: el aserrín y la viruta, y los componentes de la composta (Estiércol animal, tierra negra y cascarilla de arroz) en la conformación de un sustrato orgánico, dicha eficacia se pudo estimar a través de los resultados contemplados en las cosechas.
- ❖ Se puede observar que dentro de los tres tratamientos organopónicos el que obtuvo mejor resultados fue el tratamiento número 2, el cual consta en su composición nutricional como sustrato de mayor cantidad de aserrín y viruta (75%) que de composta (25%), dando resultados de cosecha muy parecidos a los que se apreciaron en el tratamiento hidropónico.
- ❖ Se aprecian los beneficios obtenidos en el tratamiento orgánico 2, lo que indica que el aserrín y la viruta tienen eficacia como componentes orgánicos nutricionales para la creación de sustratos aplicables a cultivos organopónicos, mejora la estructura del sustrato haciéndola menos compacta y reteniendo humedad dentro de los rangos requeridos.
- ❖ Realizando una comparación de resultados de presupuesto parcial del tratamiento orgánico 2 y el tratamiento hidropónico en base a costos de producción, se observa que con el tratamiento Organopónico-2, se obtiene un beneficio neto similar al obtenido con el tratamiento hidropónico, con un

costo menor.

- ❖ La implementación de la modalidad organopónica con el tratamiento orgánico arroja resultados favorables en cuanto a producción en la cosecha de habichuelas, muy parecido a lo que se obtuvo en el tratamiento hidropónico, señalando que la modalidad organopónica es manejada bajo estándares de producción eco amigables, es decir evitando la utilización de agroquímicos para la inocuidad del rubro y la exposición a contaminación de recursos como el suelo y el agua. También maneja la utilización de productos de desechos orgánicos domésticos como materia prima en la creación de compostas y como se pudo observar el manejo que se le dio al aserrín y la viruta como componentes esenciales en la creación del sustrato.
- ❖ Finalmente podemos fundamentar que con el presente proyecto de investigación se deja de ver al aserrín y la viruta como un producto de desecho para empezar a verlos como materiales compostables aplicables a producciones agrícolas organopónicas.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Implementar la utilización de una compostera, para darle un mejor manejo a los componentes de la composta, lo que mejoraría el proceso de descomposición del estiércol de origen animal que se utilice, darles un manejo más adecuado a las etapas de descomposición para lograr una mejor integración de los materiales.
- ❖ Aprovechar otros materiales compostables cercanos para enriquecer más la mezcla como: desechos orgánicos domésticos (cascarones de huevo, cascaras de vegetales y desechos de frutas) otros tipos de estiércol (gallinaza, ovejas, aumentar la cantidad de conejaza), hojas secas, césped cortado, ceniza, cachaza, entre otros.
- ❖ Reconocer que entre más tiempo se deje descomponer los materiales compostables como también el aserrín y la viruta mejor serán los beneficios nutricionales que aportan al sustrato para la producción agrícola.
- ❖ Recomendar la utilización de la modalidad organopónica con el tratamiento orgánico 2, el cual da buenos resultados en cosecha y sus costos no son elevados, debido a que el componente mayoritario de este sustrato es el aserrín y la viruta, y en el área donde se desarrolló el estudio se consigue regalado por grandes cantidades, ya que es visto como producto de desecho.
- ❖ Propiciar un mejor manejo a las muestras de aserrín y viruta para lograr un óptimo estado de utilidad benéfica y aportes nutricionales al cultivo mejorando el sustrato, evitando comprometer el suelo como recurso.

- ❖ Destacar que nuestros sustratos tienen como componentes el aserrín y la viruta, materiales de desecho dentro de la industria ebanista, los cuales siguiendo principios de producción más limpia se vieron como materiales funcionales dentro del manejo de un abono orgánico aplicable como sustrato para cultivos de tipo orgánicos, por lo tanto se recomienda que según los análisis aplicados a las muestras obtenidas después del ciclo de cultivo de la habichuela desarrollado en el proyecto la reutilización de los sustratos para otro ciclo de cultivo más, ya cuenta con los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo. Lo cual permitirá analizar nuevamente las muestras pasado el ciclo del cultivo de la reutilización del sustrato, esto nos facilitará conocer el estado actual de nutrición que presenta, teniendo en cuenta que mientras más tiempo lleva más se degrada la materia orgánica aportando más nutrientes al sustrato.
- ❖ Recomendar mejorar la metodología de análisis para materiales orgánicos que puedan ser eficientes en la conformación de sustratos para producciones agrícolas, tomando como referencia las metodologías de análisis implementadas en España como las que se explican en la charla del Dr. Alberto Masaguer. (Masaguer, SUSTRATOS DE CULTIVO: Tipos, propiedades asociadas y mezclas, 2015).

## REFERENCIAS CITADAS

- Abad, M. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. Capítulo 4. En: Urrestarazu Gavilán M. (eds.). Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi Prensa. España. (p.113 158).
- Acuña Héctor. (2002). Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Manual Agropecuario Biblioteca del campo. Bogotá, S.A. Bogotá Colombia, pp. (530 – 561).
- Alfonso J., Guardia. J. (2011). Respuesta de diez variedades de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con *Rhizobium* spp. y fertilización con nitrógeno. Zamorana, Honduras.
- Araujo, J. A. (2011). Respuesta de diez variedades de habichuela . Zamorano, Honduras.
- Arteaga, C. (2013). Caracterización del aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, p.90-95.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México. 79 p.
- CIMMYT. (1998). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México.
- Evans. (2008). Análisis marginal . Florida.
- Fernández A. S.L, (2006). Guano, un abono natural de gran calidad, (En línea) Disponible [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2006/03/03/14](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2006/03/03/14)
- Hermoso. D, Girón. C., Torlero J, González. L. (2001). Producción de Vermicompost a partir de cáscara de cacao. Su efecto sobre el crecimiento de plántulas de *Capsicum annum*. En: IV encuentro de agricultura orgánica. ACTAF. La Habana p.293.
- Huerto Ecológico. (2009). Los Abonos Verdes, (En Línea) Disponible En: <http://Www.Vidaecologica.Info/Los-Abonos-Verdes/>
- Infoagro. (2018). Infoagro. Obtenido de El cultivo de la judía, habichuela o frijol (Parte I): [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_judia\\_\\_habichuela\\_o\\_frijol\\_\\_parte\\_i\\_.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_judia__habichuela_o_frijol__parte_i_.asp)

- InfoStat, G. (2008). InfoStat Manual del Usuario. En G. InfoStat, InfoStat Manual del Usuario (pág. 83). Córdoba: Brujas Argentina. .
- LATA, L. (2015). Determinar las curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de (*Phaseolus vulgaris*). Guayaquil.
- León, L. (2010). Efecto del sustrato y el manejo del riego en la fase de vivero de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell en contenedores. Pinar del Río. Tesis Doctoral inédita en Ciencias Ecológicas.
- Mateo, A. (2003). Evaluación de contenido nutricional de las principales variedades de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en la República Dominicana. XLIX Reunión anual. La Ceiba, Honduras, p.126.
- Martínez Farré F. X. (2012). Gestión y Tratamiento de Residuos Agrícolas (1ª parte), Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya, Disponible en:  
[http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos\\_agricolas.ht](http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.ht)
- Mejía, Mario. (2001). Agricultura Ecológica. Segunda edición, Terranova Editores, Ltda. Panamericana Formas Impresos Bogotá – Colombia., pp. 221 – 223.
- Morales Miñano A. J. (2012). El Estiércol, Ventajas Y Desventajas, (En Línea) Disponible En: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=2685>
- Montoya-Suarez, Omar. 2007. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL A LA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS. CASO DE ESTUDIO. Scientia et Technica Año XIII, No 35. 281-286 pp.
- Vence, L. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. Ciencias del Suelo, 2008, 26, 105-114.
- Windsor y Schwarz. (1990). Soilless culture for horticultural crop production. Roma, Italia: FAO.

## **ANEXOS**

**Evidencias físicas que fundamentan la realización del presente trabajo  
investigativo.**

**Fuentes: Fotografías propias del estudiante.**

## ANEXO 1. Compostaje





**ANEXO 2.**  
**Aserrín y viruta**



**ANEXO 3.****Aforo de los goteros y adecuación de las instalaciones.**

**ANEXO 4.**

**Mezcla de materiales para el sustrato (aserrín y viruta con la composta, fibra de coco y carbón) y pesado de las proporciones y llenado de bolsas.**





**ANEXO 5.**

**Planificación de colocación de bolsas completamente al azar, siembra de semillas, riego de plántones**



**ANEXO 6.**

**Germinación, preparación de solución nutricional para el tratamiento hidropónico y mediciones de niveles de conductividad y ph del fertirriego**





## ANEXO 7.

### Colocación de cuerdas para tutorado, etapa de crecimiento y aparición de guías y floración



**ANEXO 8.**

**Aparición de vainas, crecimiento de plantas y engordes de vainas, plantas con habichuelas de cosecha**



**ANEXO 9.**

**Muestreo para obtener el ndvi: índice diferencial de vegetación normalizado**





**ANEXO 10.**

**Obtención de la planta para conocer el peso de biomasa, pesado de muestras y sistemas radiculares para pesar**



**ANEXO 11.**  
**Muestra de habichuelas**  
**cosechadas**



## ANEXO 12.

### Ubicación del proyecto.



### Anexo 13

## Evidencias de los resultados de los análisis aplicados a las muestras de materiales para el sustrato y el agua del riego y fertiriego

### INSTITUTO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA DE PANAMA (IDIAP) ANALISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA PRODUCCION DE COSECHAS

Para: Carlos Navarro

Entrada: 06-08-2020

Salida: 07-09-2020

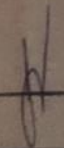
Corregimiento: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_ Provincia: Los Santos Autorizado: DR. JOSE VILLARREAL \_\_\_\_\_

No.	No.	N	PH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	M.O	Manganeso	Hierro	Zinc	Cobre	C E dS/m
Labort.	Muestra	%		%		%			mg/l				
LXXXIX	Aserrín	0.62	7.3	0.24	0.28	1.51	1.73	7.72	200	15840	120	40	2.04
XC	Estiércol de cabra	0.32	5.9	0.53	0.27	0.62	3.35	3.78	2840	578000	220	260	3.60

Análisis de muestra de materiales para la creación de sustratos.  
Fuente: IDIAP.



**INSTITUTO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA DE PANAMA (IDIAP)**  
**ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE COSECHA**

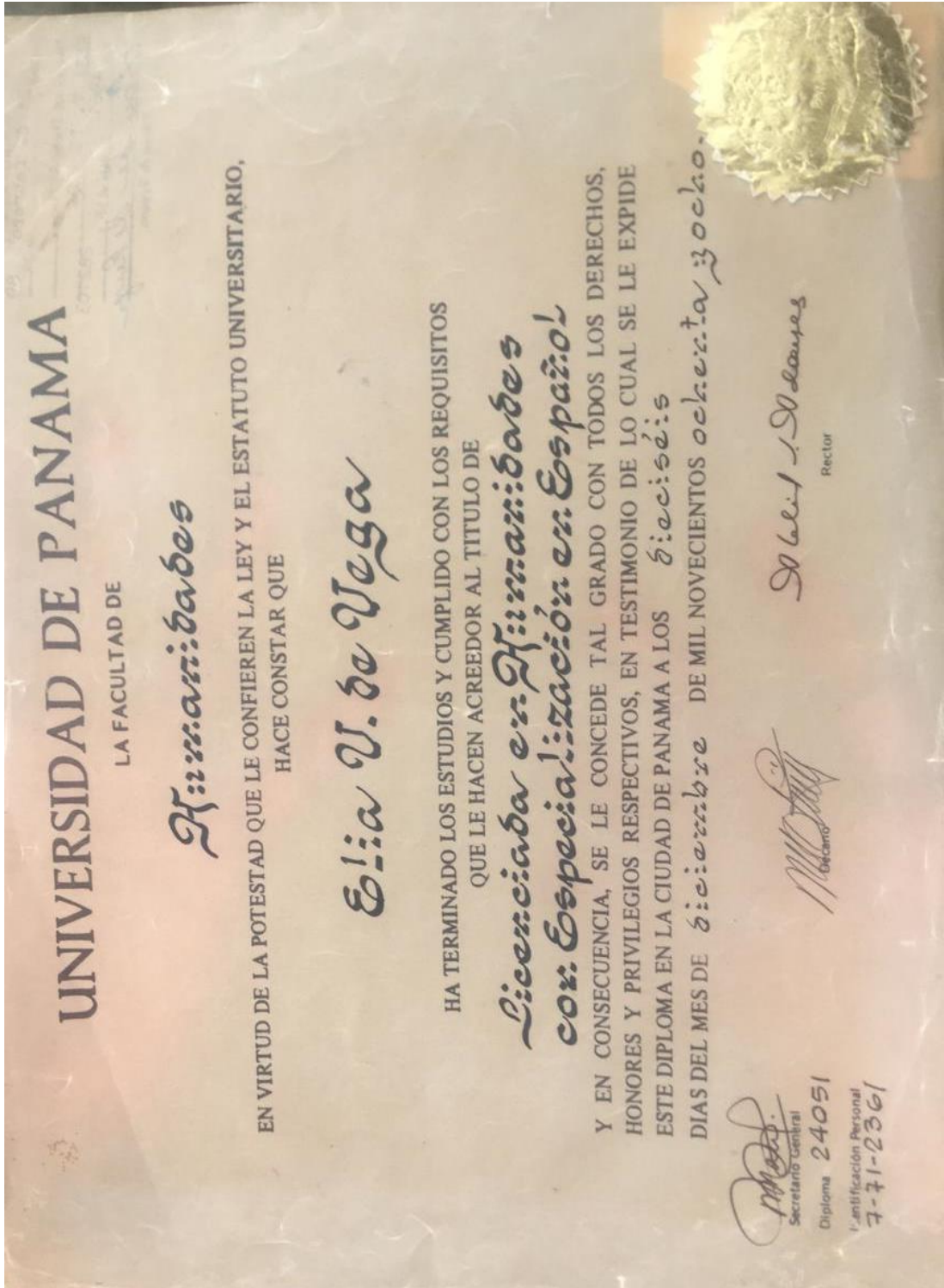
Para: Anobel Barba      Entrada: 30/07/2019    Salida: 07/08/2020  
 Corregimiento: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_ Provincia: Los Santos      Autorizado: DR. JOSE VILLARREAL 

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

No Lab	No Muestra	PH	Cond Eléctrica dS m <sup>-1</sup>	Alcalinidad Total mg/l de CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	CL	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Cobre	Zinc	Hierro	Mn
					meq/l			meq/l			meq/l			mg/l	
CXI		6.5	0.19	22	Tr	0.58	0.6	0.06	0.70	0.37	0.06	Tr	Tr	0.31	3.38
CXII	2	6.6	1.0	188.4	Tr	8.14	1.9	0.04	6.10	3.70	0.53	Tr	Tr	0.29	8.15
CXIII	3	6.4	0.22	37.2	Tr	1.32	0.8	0.04	1.04	0.58	0.09	Tr	Tr	0.30	11.0

Análisis de muestra de agua CXI  
 Fuente: IDIAP

ANEXO 14: CORRESPONDENCIA



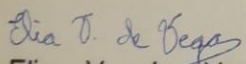
Las Tablas, 15 de agosto de 2021.

Profesores  
Tutoría de  
Tesis  
Universidad de Panamá

Por este medio certifico, como profesora de Español, haber revisado el trabajo de grado del estudiante **CARLOS J. NAVARRO D.**, bajo el título: **MATERIALES ORGÁNICOS EN LA ELABORACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA**, considerando los aspectos relacionados con gramática y ortografía, sin intervenir en el fondo ni la forma.

Adjunto copia del diploma, que me acredita como tal.

Atentamente,

  
Elia V. de Vega  
Profesora de  
Español  
C.I.P. 7-71 – 2361