

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE POTENCIALES ESTIMULANTES NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE  
ALMÁCIGOS FLOTANTES DE TOMATE  
TESIS DE GRADO

**ERICK ARMANDO ARANGO ARAGÓN**  
CARNET 12200-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE POTENCIALES ESTIMULANTES NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE  
ALMÁCIGOS FLOTANTES DE TOMATE

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**ERICK ARMANDO ARANGO ARAGÓN**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2017

CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. EDGAR ROLANDO GARCÍA VILLAVICENCIO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 17 de abril de 2017

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Erick Armando Arango Aragón, carné 1220012, titulada: "EVALUACIÓN DE PONTENCIALES ESTIMULANTES NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS FLOTANTES DE TOMATE".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

Ing. Edgar García  
Colegiado Activo no. 3798

**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ERICK ARMANDO ARANGO ARAGÓN, Carnet 12200-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0673-2017 de fecha 9 de mayo de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE POTENCIALES ESTIMULANTES NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS FLOTANTES DE TOMATE**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 14 días del mes de junio del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PENATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**



## AGRADECIMIENTOS

*"Mirad cómo el labrador espera el precioso fruto de la tierra"* Santiago 5: 7- 8

A.

Dios porque en el transcurso de mi carrera me dio la sabiduría, fuerza y perseverancia para llegar al momento de recibir el fruto de cumplir otra meta.

## DEDICATORIA

*Por su amor, acompañamiento y apoyo incondicional*

Mis Padres: Joaquín Arango y Mariely de Arango.

Mis Hermanos: Joaquín Emilio y Estefana

Mi Abuelita: Verónica de Aragón

Mis Abuelitos: Emilio Aragón, Joaquin Arango y Maty de Arango

Mi Tíos: Erick, Leslie, Lucky, Lidia y Silvia

Mis Primos: Luchi, Lucre y Javier Leslita, Lucia y Erick

Soraya, Brando y Shanda Saulo y Diego

Mi Novia: Sara María Scheel Thomae

## INDICE

Resumen .....	ix
Abstract .....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Cultivo de tomate.....	3
2.1.1 Clasificación taxonómica del tomate.....	3
2.1.2 Cultivo de tomate en Guatemala.....	4
2.1.3 Importancia económica del cultivo de tomate para Guatemala .....	4
2.2 Hidroponía.....	5
2.2.1 Ventajas de la técnica hidropónica .....	6
2.2.2 Desventajas .....	7
2.2.3 Solución Hidropónica.....	8
2.3 Almacigos.....	10
2.3.1 Producción de almacigos de tomate .....	10
2.3.2 Sustrato para almacigos .....	11
2.3.3 Almacigos flotantes.....	12
2.4 Bioestimulantes .....	12
2.5 Bioestimulantes orgánicos.....	13
2.5.1 Interacción carbohidratos.....	13
2.5.2 Vinaza.....	14
2.5.3 Melaza .....	15
2.5.4 Panela.....	16
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	17
4. OBJETIVOS .....	19

4.1	Objetivo general .....	19
4.2	Objetivos específicos.....	19
5.	HIPÓTESIS .....	20
5.1	Hipótesis alterna.....	20
6.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
6.1	Localización del trabajo .....	21
6.2	Material experimental .....	21
6.2.1	Semilla .....	21
6.2.2	Estructura Hidropónica .....	21
6.2.3	Solución Nutritiva .....	21
6.3	Factor a estudiar.....	22
6.4	Descripción de los tratamientos .....	22
6.5	Diseño experimental.....	22
6.6	Modelo estadístico.....	22
6.7	Unidad experimental.....	23
6.8	Croquis .....	23
6.9	Manejo del experimento .....	23
6.10	Variables de respuesta.....	25
6.11	Análisis de la información.....	25
6.11.1	Análisis estadístico .....	25
7.	Resultados y Discusión .....	27
8.	Conclusiones.....	40
9.	Recomendaciones.....	41
10.	Bibliografía.....	42

ANEXOS.....	44
-------------	----

### INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Croquis de campo de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones .....	23
Figura No. 2: Peso foliar según tipo de tratamiento en almácigos de tomate.....	30
Figura No. 3: Peso radicular según tipo de tratamiento en almacigo de tomate.....	31
Figura No. 4: Crecimiento total según tipo de tratamiento en almácigos de tomate.....	32
Figura No. 5: Correlación entre peso foliar y peso radicular en almácigos de tomate...34	
Figura No. 6: Correlación entre peso foliar y crecimiento total en almácigos de tomate.....	34
Figura No. 7: Correlación entre peso radicular y crecimiento total en almácigos de tomate .....	33

### INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1: Taxonomía Tomate.....	3
Cuadro No. 2: Solución Nutritiva La Molina.....	19
Cuadro No. 3: Tratamientos a evaluar con los diferentes bioestimulantes vinaza, panela y melaza para el desarrollo de los almácigos de tomate.....	22
Cuadro No. 4: Promedios de peso radicular, peso foliar y crecimiento total según tipo de tratamiento en los almácigos de tomate.....	27
Cuadro No. 5: Coeficientes de correlación de Pearson para evaluar independencia entre las variables dependientes.....	33

Cuadro No. 6: Evaluación de la normalidad de cada variable dependiente y de la distribución normal multivariante.....	36
Cuadro No. 7: Evaluación de la homocedasticidad de las variables dependientes.....	36
Cuadro No. 8: Modelo MANOVA (análisis de varianza de respuesta múltiple) para relacionar las variables peso radicular, peso foliar y crecimiento total.....	37
Cuadro No. 9: Modelos ANOVA individuales para cada variable respuesta.....	38
Cuadro No. 10: Modelo de respuesta múltiple de permutaciones (robusto).....	38
Cuadro No. 11: Hojas verdaderas en función del tipo de tratamiento.....	39

### **INDICE DE ANEXOS**

Anexo No.1 Promedio en peso radicular, foliar y crecimiento en los almácigos de tomate.....	44-45
Anexo No.2 Promedios de peso radicular, peso foliar y crecimiento total según tipo de tratamiento en los almácigos de tomate .....	45
Anexo No.3 Coeficientes de correlación de Pearson para evaluar independencia entre las variables dependientes .....	46
Anexo No.4 Evaluación de la normalidad de cada variable dependiente y de la distribución normal multivariante .....	46
Anexo No. 5: Evaluación de la homocedasticidad de las variables dependientes.....	46
Anexo No. 8: Modelo MANOVA (análisis de varianza de respuesta múltiple) para relacionar las variables peso radicular, peso foliar y crecimiento total.....	47
Anexo No. 9: Modelos ANOVA individuales para cada variable respuesta.....	47
Anexo No. 10: Modelo de respuesta múltiple de permutaciones (robusto).....	47
Anexo No. 11: Hojas verdaderas en función del tipo de tratamiento.....	47

# **EVALUACIÓN DE POTENCIALES ESTIMULANTES NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS FLOTANTES DE TOMATE.**

## **Resumen**

La presente investigación se generó en base a la necesidad de darle un uso adecuado a los desechos provenientes de la industria azucarera. Para este caso específicamente los subproductos denominados vinaza, melaza y panela; por tal motivo se procedió a evaluar los mencionados subproductos como bioestimulantes orgánicos en la producción de almácigos flotantes en el cultivo de tomate. Para tal efecto se evaluaron los tres subproductos en una solución con vinaza a 50ppm, melaza a 50 ppm y panela a 50ppm en comparación de una solución nutritiva sin bioestimulante. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. El objetivo general fue evaluar el efecto de los tres bioestimulantes en el cultivo de tomate; se concluyó que el uso de bioestimulantes naturales dieron diferencia estadística significativa en la producción de los almácigos de tomate, lográndose la mayor estimulación con la aplicación de vinaza a 50ppm. Finalmente se recomienda la utilización de vinaza en la producción de almácigo de tomate y continuar realizando estudios en lo relativo a la utilización de los desechos de la industria azucarera.

# **EVALUATION OF NATURAL STIMULATING POTENTIALS FOR THE PRODUCTION OF FLOATING TOMATO SEEDLINGS.**

## **Abstract**

The present research was generated based on the need to give adequate use to wastes produced in sugar industries. For this case, the subproducts that were analyzed were vinaza, molasses and panela. The evaluation of subproducts, also called biostimulants, were on seeds of tomato crops. The three subproducts were evaluated in a solution of 50ppm vinasse, 50ppm molasses and 50ppm panela. The treatments were distributed in a random block design with four treatments and three replicates. The general objective was to evaluate the effect of the three biostimulants in tomato crops. It was concluded that the use of biostimulants gave significant statistical differences in the production of seedlings of tomato, obtaining a greater stimulation applying vinasse at 50ppm. Therefore, it is recommended to use vinasse in the production of tomato and continue to carry out studies to use the wastes produced in sugar industries.

# 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate en Guatemala es de mucha importancia ya que su producto el fruto, forma parte de la dieta de los guatemaltecos por lo que su consumo es alto en toda la república. Además es un producto que se exporta en grandes volúmenes especialmente a El Salvador y Estados Unidos.(MAGA, 2014)

Una de las prácticas necesarias para el cultivo de tomate es la elaboración de semilleros, que garanticen la sanidad de las plántulas obtenidas La elaboración de semilleros se realiza principalmente a partir de cepellones (pilonos), que requieren para su formación el sustrato para las bandejas y la aplicación de riegos continuos que garanticen que las plántulas siempre tendrán la cantidad necesaria de agua; en la práctica hidropónica, este aspecto es sustituido por el agua que sustenta las bandejas flotantes, donde el agua sube por capilaridad por las raíces de la planta. La búsqueda de prácticas con nuevas soluciones recae en tratar de obtener la sanidad de las plántulas con la elaboración de una solución mezclada con bioestimulantes orgánicos, los cuales, en esta investigación serian subproductos de la caña de azúcar. Las diferentes soluciones se establecen de cierta forma que buscan brindar los nutrientes necesarios para la planta en esta primera etapa de desarrollo. (Carrasco, Gilda, 2005)

Los procesos de los ingenios de caña de azúcar deja varios subproductos que en muchos de los casos no se les da un uso adecuado o más bien a veces se desecha de una manera incorrecta que daña cada vez más el equilibrio del ambiente. Estos subproductos son identificados como vinaza, melaza y panela, los cuales contienen un alto grado de materia orgánica y por ende se pueden utilizar como bioestimulantes. Esto es debido que en su composición contienen carbohidratos y nutrientes que son asimilables para ser aprovechados por la planta y ayudar al desarrollo del pilón. El crear una solución con productos orgánicos siendo estos subproductos de la caña de azúcar ayudaría a darla un uso correcto o una alternativa nueva de uso a lo que se considera muchas veces desecho por los ingenios, de igual manera ayudaría a tener plantas más

sanas y con opción a ventas a mercados más específicos como los que se están creando en la actualidad, en los que se exige prácticas consientes con el medio ambiente. (Villata, Wellington, 2012)

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cultivo de tomate

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda con el paso de los años aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada. El tomate fresco se consume de varias maneras, haciéndolo en un sentido subjetivo indispensable para la dieta y la forma de consumirlo. (MAGA, 2014)

#### 2.1.1 Clasificación taxonómica del tomate

Cuadro 1: Taxonomía tomate

Taxa	Nombre
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanácea
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum lycopersicon L.</i>

(Duque, Carlos, 2008)

### **2.1.2 Cultivo de tomate en Guatemala**

El tomate, es una de las hortalizas de mayor consumo en Guatemala. La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos excepto a lo que se refiere al drenaje, el cual tiene que ser adecuado, ya que no soporta el exceso de agua. No obstante a eso hacen uso de suelos sueltos de textura arcillosa y ricos en materia orgánica. La industria del tomate no solo abastece el mercado local si no de igual manera exporta a países alrededor del mundo, siendo El Salvador y Estados Unidos los principales. (MAGA, 2014)

Sin embargo y basándonos en las estadísticas de precio del año 2015, donde las ventas oscilan a dos quetzales por libra, todo indica que el mercado ya está siendo fuertemente saturado por el incremento de productores y cosechas a lo largo de todo el año, dejando poco lugar para nuevo crecimiento. Sin embargo, el cultivo de tomate en Guatemala sigue desarrollándose y ha alcanzado avanzados niveles de tecnología, cultivándose en temporada de lluvia como en temporada seca, bajo riego por goteo y en ambientes controlados. Es una de las hortalizas más importantes y de mayor producción y consumo, debido a que forma parte de la dieta alimenticia de los guatemaltecos por su sabor y alto valor nutritivo que posee, conteniendo cantidades considerables de vitaminas y minerales. (MAGA, 2014)

La producción nacional de tomate se encuentra distribuida en los departamentos de la siguiente forma: Jutiapa (20%), Baja Verapaz (20%), Chiquimula (11%), Guatemala (8%), Zacapa (7%), El progreso (6%), Alta Verapaz (6%), Jalapa (5%), y los demás departamentos de la república suman en (17%) restante. (Agro en Cifras, 2013)

### **2.1.3 Importancia económica del cultivo de tomate para Guatemala**

Los mercados del tomate en Centroamérica han sido los más importantes para la producción de Guatemala, donde tradicionalmente se ha podido tener una presencia permanente durante los últimos diez años. No obstante, a pesar de haber duplicado el volumen de las exportaciones en los últimos 3 años, al pasar de 26.600 toneladas exportadas en 2009, a casi 53 mil en 2013, los ingresos por estas ventas solo se han

incrementado de 4 millones a 5,6 millones de dólares en 2013, un 40% más, lo cual invita hacer reflexión sobre la necesidad de mejorar la calidad del producto de exportación para mantener su precio de venta. (De Leon, 2014)

La importancia económica del tomate en Guatemala recae en que en el año 2013, la cosecha de tomate alcanzo los setecientos mil millones de kilogramos, según los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Los empleos que proporcionan las actividades del tomate se dividen en: 9,624 empleos permanentes y empleos directos en campo (jornales/año 2011) que equivalen a 2, 693,628. Los costos de producción son de Q30,075 / Hectárea por lo que lo hace rentable y aprovechable para la economía guatemalteca. (De Leon, 2014)

## **2.2 Hidroponía**

Agricultura hidropónica o Hidroponía es definido como un método que tiene por objeto cultivar plantas utilizando soluciones minerales en vez de un suelo agrícola. De esta manera las raíces de las plantas reciben una solución nutritiva equilibrada y disuelta en agua con los elementos esenciales para el desarrollo de la planta, de esta forma la planta puede crecer en una solución mineral o un medio inerte como lo es la arena previamente lavada, perlita, grava, cascara de arroz, entre otros. (Hydro Environment, 2016)

Este conjunto de técnicas que sustituye al suelo, permite diseñar estructuras simples y/o complejas dependiendo del cultivo, favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas, jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, entre otros) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas. (Hydro Environment, 2016)

La hidroponía surgió por una necesidad que la mayoría de las áreas agrícolas presentan condiciones adversas a la producción, esto principalmente como resultado de las practicas comunes agrícolas que le dan una manipulación de suelo y de cultivo dejando como resultado suelos erosionados he infértiles. Por ello es que se han buscado alternativas tecnológicas que permiten cultivar productos de calidad en

espacios reducidos o grandes en cualquier época del año. (Asociación Hidroponica Mexicana A.C, 2012)

### **2.2.1 Ventajas de la técnica hidropónica**

La hidroponía es un sistema de producción del cual se pueden obtener múltiples ventajas si la implementación se realiza de la manera correcta. Dentro de los beneficios principales que podemos obtener destacan los siguientes:

- Opción a condiciones medio ambientales limitantes

La hidroponía se establece como la opción adecuada para cultivar cuando se tienen condiciones restrictivas de suelo y agua, así como condiciones climáticas adversas. De igual manera en lugares donde el suelo no es adecuado para la agricultura por ser poco productivo o que haya escases del mismo debido a la erosión, la hidroponía es adecuado pues en esta se trabaja en sustratos o en solución por lo que el suelo resulta no indispensable. (FAUSAC, 2013)

De esta forma en la hidroponía se aprovecha mejor el agua pudiendo llegar a instalar sistemas de riego cerrados, en los cuales se recircula el agua un y otra vez pasando por métodos de purificación. También es un sistema adecuado en lugares donde hay poca precipitación, ya que es posible controlar la frecuencia y la cantidad de riego con lo cual es poco probable que las plantas lleguen a un estrés hídrico. (FAUSAC, 2013)

- Contribuye a la producción de plantas de elevada calidad

Debido a que la hidroponía nos ofrece la posibilidad de controlar todos los factores que influyen en el desarrollo de los cultivos, es muy favorable obtener productos de calidad superior a los cultivados a campo abierto. Los ambientes controlados ayudan a reducir el efectos que tienen los factores climáticos en las plantas y con ello la probabilidad de no afectar la calidad del producto. (Al Natural, 2015)

- Sistema adaptable a distintas condiciones

La hidroponía es un sistema bastante versátil que puede ser modificado o adaptado a las necesidades de producción que se tengan, pues tanto las características

socioeconómicas como las medio ambientales implican diversas necesidades tecnológicas. Es por ello que es posible utilizarla desde grandes empresas con niveles elevados de automatización hasta pequeños huertos familiares con iguales posibilidades de éxito. De igual manera el control de aspectos de producción se puede conseguir. Se encuentran muchos aspectos del cultivo, los cuales se pueden tener bastante controlados si tenemos un sistema hidropónico. Uno de los aspectos principales es la nutrición, ya que se pueden conocer en cantidades de hasta parte por millón en las concentraciones de nutrientes que le estamos aportando a la planta. Otras cuestiones sobre las que podemos ejercer bastante control son el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y de los drenajes. Todo ello ayuda que se tenga mayor precisión y por ende un mejor control. (Al Natural, 2015)

- Mayores rendimientos

Recopilando las ventajas anteriormente mencionadas, se pueden obtener mayores rendimientos por unidad de superficie que en campo abierto. Estos rendimientos asegurados siempre y cuando los cuidados y controles que requiere el cultivo hidropónico sean los adecuados. (Asociacion Hidroponica Mexicana A.C, 2012)

### **2.2.2 Desventajas**

Al igual que toda practica agrícola, la hidroponía también adquiere ciertas desventajas, ya que a pesar que estudios han presentado un mejor desarrollo de los cultivo con la utilización de esta técnica no siempre será este el caso si no se toman en cuenta todos los aspectos a medir a y controlar. Por ejemplo:

- Tiempo y atención a lo largo de toda la practica

El hecho de adoptar la hidroponía como sistema de cultivo no facilita el trabajo de los procesos de los productores, en lugar de eso los procesos requerirán de una mayor atención. Se debe entender que este sistema requiere de una mayor atención a todos los detalles, que a la larga son los que llevaran al éxito o fracaso de la producción. En este sistema la programación de los tiempos debe de ser más precisa y no es posible dejar a un lado actividades, la solución nutritiva se debe mantener siempre balanceada

de acuerdo a las necesidades de las plantas, y este balance puede modificarse en cualquier momento, por lo cual se requiere de atención continua. (Vargas, 2010)

- Plantas dependientes

En la hidroponía se les brinda a las plantas las condiciones para su desarrollo, esto con el propósito de evitar que sufran estrés por competir con las demás por aspectos de agua, luz y nutrientes. Sin embargo, lo anterior conlleva a que las plantas se vuelvan demasiado susceptibles al más ligero cambio y sus capacidades de adaptación se ven minimizadas, pues se vuelven plantas dependientes del hombre por completo. Por ello la atención es indispensable para que no sufran desbalances nutricionales o alteraciones severas que afecta el abastecimiento de oxígeno y agua para el desarrollo de las plantas. (Vargas, 2010)

- Disponibilidad a ciertos cultivos

Si bien los cultivos en hidroponía son muy variados, no siempre se pueden realizar con todas las semillas. Las plantas que tengan su fruto bajo tierra (papas, zanahorias, nabos, etc.) no podrán plantarse mediante la hidroponía. También existen otras plantas que necesitan un gran terreno para crecer y que a veces resulta muy impráctico cultivar mediante esta técnica. (Al Natural, 2015)

### **2.2.3 Solución Hidropónica**

La solución que se utiliza en la hidroponía juega un papel importante en el desarrollo del cultivo, ya que es ahí donde se encuentran todos los nutrientes que necesita absorber la plántula para su óptimo crecimiento y desarrollo. A lo largo de los años se han creado varias soluciones las cuales cuentan con los principales nutrientes para llevar a cabo la práctica hidropónica. Estas soluciones tienden variar, ya que los requerimientos nutricionales para cada cultivo son diferentes. (La Molina, 2015)

La solución hidropónica La Molina, es una de la más completas y más utilizadas por los productores hidropónicos, fue formulada después de varios años de investigación en el laboratorio de fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con el

propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se crearon las soluciones, denominadas A y B. (La Molina, 2015)

Cuadro 2: Solución Nutritiva La Molina

Solución	Peso
Para 1 litro de agua	
A	Nitrato de Potasio 110.0g
	Nitrato de amonio 70.0g
	Superfosfato triple 36.0 g
B	Sulfato de Magnesio 110 g
	Quelato de Hierro 6% Fe 8.5 g
	Solución de micronutrientes 80 ml
Solución de micronutrientes	Sulfato de Manganeso 5.0g
	Ácido Bórico 3.0g
	Sulfato de Zinc 1.7g
	Sulfato de Cobre 1.0g
	Molibdato de Aluminio 0.2g

(La Molina, 2015)

La solución preparada a partir de las soluciones concentradas A y B de la solución hidropónica La Molina, es una solución nutritiva promedio que puede ser utilizada para producir diferentes cultivos, dando muy buenos resultados en varias hortalizas. Pero el crecimiento y rendimiento puede ser optimizado usando una formulación específica para cada cultivo. (La Molina, 2015)

## **2.3 Almacigos**

En los almacigos se producen plántulas, este término “plántula” designa a la planta pequeña que es producida por semilla, de pocas semanas de edad, y que se utiliza en los cultivos de trasplante para establecer el plantío definitivo en el campo. Con hortalizas de trasplantes costumbre hacer primero almacigos, pues tales plantas tienen la propiedad de reproducir sus raicillas y pelos absorbentes rápidamente. Típicas de este grupo para almacigos son las solanáceas y crucíferas. (Casseres, 2000)

La práctica de hacer almacigos es común con el tomate y con otras hortalizas de trasplante, por las siguientes ventajas: 1) Se puede preparar solamente un área pequeña de tierra prodigándole todos los cuidados, dejando la preparación costosa del campo entero para la época de trasplante; 2) hay mayor eficiencia en el uso de la semilla, pues un mayor porcentaje nace bajo las condiciones especiales de semillero; 3) Se pueden escoger las plantas uniformes y fuertes, desechando las débiles o dañadas; 4) Mayor control de plagas y enfermedades; 5) Control de factores de humedad, temperatura y luminosidad. (Casseres,2000)

La creación y utilización de híbridos de alto costo ha traído consigo la especialización, el mejoramiento y la tecnificación en esta práctica de almacigos, debido a que en la práctica se ha aprovechado al máximo la semilla consiguiendo con ello mayor defensa contra plagas y enfermedades. Permite, además, una mejor adaptación al medio donde se va cultivar y la máxima mecanización del cultivo. Es de esta forma que, hoy en día, las empresas dedicadas a la producción de plántulas siembran la semilla en forma individual, de modo de economizar y hacer un mejor aprovechamiento del espacio y de la semilla. (Picon, 2013)

### **2.3.1 Producción de almacigos de tomate**

El tomate es típicamente de trasplante, pero de igual manera puede sembrarse directamente al suelo. Las semillas de tomate generalmente nacen entre seis a diez días después de la siembra. Si los espacios en el almacigo, tienen por lo menos 30cm. entre si y la semilla ha quedado bien espaciada, las plántulas pueden quedar en su sitio hasta la cuarta y quinta semana, a cuyo término se trasplantan. (Casseres, 2000)

Para obtener mil plantas buenas de tomate en un almacigo, bastan siete gramos de semilla. El número promedio de semillas de tomate en cada 7 gramos varia aproximadamente de 2500 a 3500 semillas. Generalmente se siembra una cantidad de semilla mayor de la que es necesaria con base en el promedio de número de semilla por unidad de peso, tomando en cuenta que la germinación no es siempre perfecta y que hasta unas  $\frac{3}{4}$  partes de las plántulas pueden perderse, o se desechan al momento del trasplante por no reunir las características ideales, es bueno contar con una reserva para resiembras. (Casseres, 2000)

Por lo tanto esta práctica de almácigos de tomate se ve desarrollada cada día más, de tal manera que las empresas productoras de plántulas de tomate ya tienen definidas las variedades para cada zona agroecológica, época de plantación y manejo. Lo que realiza que la tecnificación y el mejoramiento de la práctica de almácigos sea cada vez más importante. (Picon, 2013)

### **2.3.2 Sustrato para almácigos**

Uno de los principales factores del cual depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, a bajo costo. El termino sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como un medio de desarrollo y crecimiento para la plántula, permitiendo así de esta manera su anclaje y soporte a través de un sistema radical bien desarrollado, favoreciendo así el suministro de agua, nutrientes y oxígeno. (Picon, 2013)

En condiciones intensivas de producción hortícola en almacigo, el empleo de los sustratos es indispensable y se justifica por varias razones. Se tiende a sustituir el suelo natural para poder controlar mejor los parámetros de crecimiento y de desarrollo de los cultivos a través de:

- retención de aire en el sustrato
- control de retención de agua y elementos minerales

- desinfección fácil de los sustratos, disminución de parásitos y fácil control
- extensión del periodo de producción
- mejor desplazamiento de las plantas
- reutilización con alto grado de éxito, sin daño de las raíces. (Picon, 2013)

### **2.3.3 Almacigos flotantes**

La técnica de almacigos flotantes, o también conocido como sistema flotante para la producción de plantas, es una técnica hidropónica posible de utilizar en forma masiva con el objetivo de obtener almacigos. Esta técnica consiste en construir una piscina la cual se rellena con solución nutritiva, y se depositan sobre bandejas almacigueras rellenas con un sustrato previamente seleccionado y en la cuales en cada se ha sembrado semilla. De esta forma, se facilita las labores de riego y de fertilización para el productor a comparación del método tradicional de almacigos en bandejas que la aplicación de agua y fertilizante es por aspersion. (Carrasco, 2005)

Con la estructura de la almaciguera flotante se obtiene plantas a raíz cubierta para su posterior trasplante, es decir las raíces de la planta se encuentran cubiertas por sustrato al momento de extraerlas de la almaciguera, evitando el rompimiento de las raíces y así favoreciendo la calidad de las plantas y uniformidad, con un mayor porcentaje de pegue luego de su trasplante al suelo. (Carrasco, 2005)

## **2.4 Bioestimulantes**

En agricultura, los bioestimulantes se determinan como todos aquellos productos cuya composición es capaz de incrementar el desarrollo, producción y/o crecimiento de los vegetales. Otros autores han definido a los bioestimulantes como fertilizantes líquidos que ejercen funciones fisiológicas al aplicarlos a los cultivos, debido a sus moléculas biológicas que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas de la planta. (Castillo, 2006)

La función principal por la que se emplean los bioestimulantes, es para incrementar la calidad de los vegetales activando el desarrollo de sus diferentes órganos (raíces, frutos, hojas, entre otros) y así sobrellevar periodos o daños causados por

estrés(fitosanitario, enfermedades, frío, calor, entre otros). Los bioestimulantes se encuentran en una gran variedad debido a que hay bioestimulantes específicos para cada momento del desarrollo de las plantas. (Castillo, 2006)

La composición de los bioestimulantes es regida por moléculas de muy amplia estructura, que pueden estar compuestos en base a hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, como aminoácidos (aa) y ácidos orgánicos. Independientemente de ello las ventajas que se adquieren con el uso de bioestimulantes es amplia, así como mejor absorción y translocación de nutrientes, resistencia a enfermedades, asimilación al estrés, más larga vida post cosecha, entre otros. (Castillo, 2006)

## **2.5 Bioestimulantes orgánicos**

Los bioestimulantes orgánicos son considerados sustancias naturales o vegetales, las cuales independientemente de sus contenido de nutrientes, pueden contener compuestos y/o microorganismos. Su uso funcional se da cuando se aplican a las plantas, implicando así la mejora del desarrollo del cultivo, vigor y rendimiento para la obtención de calidad mediante la estimulación de procesos naturales que benefician el crecimiento y el metabolismo de las plantas. (Ideagro, 2013)

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles como lo son los bioestimulantes orgánicos, estos pueden ir desde hongos micorrizogenos hasta composta, estiércol, cenizas de material orgánico, humus, huano, harina de hueso, entre otras. Los mercados potenciales están siendo más estrictos en productos de calidad, los cuales incluyen una disminución en el uso de químicos. Los bioestimulantes orgánicos toman importancia en todos los cultivos y para la agricultura ecológica que cada vez está siendo de mayor importancia. (Ideagro, 2013)

### **2.5.1 Interacción carbohidratos**

Los carbohidratos o hidratos de carbono están formados por carbono, hidrogeno y oxígeno. Los carbohidratos incluyen azúcares, almidones, celulosa, entre otros

compuestos. La importancia de los carbohidratos recae en la energía que brindan para la elaboración de múltiples funciones. Se encuentran compuestos y productos en los cuales se encuentran carbohidratos que pueden ser asimilables para el suelo y plantas, contribuyendo al intercambio y crecimiento microbiano del suelo, dando así facilidad a la obtención de los nutrientes. Otros beneficios recaen en la retención de humedad, el contenido de microorganismos y los niveles de materia orgánica, que al final vienen siendo factores beneficiosos para el cultivo. (Zamora, 2016)

### **2.5.2 Vinaza**

El residuo de la destilación en la industria de la caña se conoce como vinaza, constituye una fuente de potasio y otros nutrientes para el propio cultivo, además de proporcionar carbohidratos rápidamente asimilables que favorecen el crecimiento microbiano. La vinaza es un material líquido resultante de la producción de etanol, ya sea por destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa de los jugos de la caña por lo que se producen entre 5 y 10 litros de vinaza en promedio por cada litro de etanol. (CENGICAÑA, 2012)

La composición de la vinaza es muy variable, depende de las características de la materia prima usada en la producción de alcohol, en este caso melaza, del sustrato empleado en la fermentación, del tipo y eficiencia de la fermentación y destilación y de las variedades y maduración de la caña. Pero en general la vinaza aporta sustancias inorgánicas solubles donde predominan los iones de potasio, calcio, nitrógeno y pentóxido difósforo por lo que brinda y garantiza nutrientes necesario aprovechables. El contenido de materia orgánica en la vinaza es elevado, fluctuando entre 6.5 y 7.5%. Presenta la composición pH bajos, haciendo que los jugos sean más ácidos y con una conductividad eléctrica menor, por presentar menos cenizas. Todas estas características ayudan a que la vinaza aporte factores que ayudan al desarrollo de una planta. (Perdigón, 2013)

La vinaza ya no es considerada un desperdicio, sino un subproducto valioso, que lleva consigo calor aprovechable, proteína y vitaminas contenidas en la levadura. Puede recuperarse para alimentación animal, sales minerales y orgánicas provenientes de la

caña y estas a la vez pueden devolverse al campo mediante ferti-irrigación, carbohidratos residuales y otros compuestos biodegradables que servirán de sustrato para fermentación anaeróbica y producción de metano, combustible aprovechable en el ingenio o en la misma destilería. De igual manera, el agua puede recuperarse medio evaporación o filtración y los sólidos residuales pueden manejarse como compost, por su alto contenido de nutrientes y utilizarse como fertilizante. (CENGICAÑA, 2012)

### **2.5.3 Melaza**

La melaza también conocida como miel, es determinada como jarabes azucarados obtenidos a partir de la concentración y agotamiento de la sacarosa del jugo de caña. Según la etapa de proceso, las mieles pueden ser mieles ricas, meladura invertida, miel A, miel B y miel final. Estas mieles son alternativas y hoy en día son las más aprovechadas para fines diferentes al azúcar, generalmente para la producción de alcoholes (rones y etanol). Sin embargo, como una alternativa al azúcar, existen otros coproductos que pueden derivarse de las mieles. (CENGICAÑA, 2012)

Las melazas presentan altos contenidos de cenizas. La melaza de caña es rica en calcio, cloro, magnesio y es muy rica en potasio. De igual manera contiene un nivel de fósforo moderado. En la producción agrícola, el uso de melaza es una importante herramienta para el acondicionamiento del suelo, el control de plagas, el manejo de la flora del suelo, la acidificación del bulbo de riego y ayuda a disminuir el estrés del cultivo, entre otras cosas. El uso de melaza puede sustituir los ácidos húmicos y así aumentar la materia orgánica. (Ecoosfera, 2015)

La melaza mejora la estructura del suelo, ya que forma enlaces entre los coloides y diferentes partículas del suelo. Esta estructura que se forma rápidamente beneficia a los suelos pobres en estructura y materia orgánica. Se requiere la aplicación continua ya que estos enlaces, hechos de azúcares, son de corta vida. También la materia orgánica aumenta, debido a que la melaza es una materia orgánica líquida que estimula la microflora del suelo que a su vez forma materia orgánica. (Ecoosfera, 2015)

La composición de la melaza tiene un pH ácido y se tiene conocimiento de que la melaza es una fuente de energía para las raíces en momentos de estrés y es un acidificante de la zona radicular que mejora la disponibilidad de nutrientes. Ayuda también a promover un desarrollo radicular excelente al mantener un buen balance de micro flora beneficiosa para permitir un mejor movimiento del agua y aire. El buen desarrollo de las raíces permite una buena nutrición del cultivo. (Ecoosfera, 2015)

#### **2.5.4 Panela**

La panela es un producto natural que se obtiene por la cristalización de los azúcares, como resultado de la evaporación del agua y concentración del jugo extraído de la caña. La panela está compuesta por varios elementos, como reductores, sacarosas, cenizas, proteínas y elementos como sodio, potasio, fosforo, calcio, magnesio y hierro. Su composición no ha sido objeto de estudio para darle otra función a la panela, ya que siempre se ha considerado para alimento. La producción de panela se mantiene constante en el país, a pesar de que hay poca demanda los precios para adquirir panela son bajos ya que la libra oscila entre cincuenta centavos a un quetzal por lo que se propone darle algún otro uso. (Perdigón, 2013)

Las presentaciones en las que se encuentra la panela actualmente son diversas, puesto que han evolucionado acorde a las necesidades y el tipo de consumidores. En el mercado local, se puede adquirir panela en bloque, cuadrada o redonda y granulada. De esta forma se va rayando el bloque para obtener la panela en un modo que se pueda consumir. (Villata, 2012)

El proceso de elaboración de la panela granulada es similar al de la panela en bloques, con una variación en la etapa final, que incluye un batido enérgico en el punto culminante de la saturación de la sacarosa para que se produzca su cristalización. El proceso general consiste en moler caña, separar las impurezas, calentar el jugo, descachazar, evaporar hasta el punto de panela, realizar el batido y finalmente el moldeo (panela en bloque) o desgranado y cernido (panela granulada). (Villata, 2012)

### 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Las sociedades globalizadas han adoptado un estilo de vida donde el consumo y utilización de bienes son cada vez más exagerados e innecesarios. A lo largo de los años este consumo excesivo ha tomado más relevancia ya que los recursos, aunque son tomados como renovables, se les da un uso intensivo que supera el tiempo necesario para su renovación y por ende que lleguen a su fin.

Esta problemática llega a tomar un papel importante en el ámbito agrícola ya que engloba muchos de los recursos naturales para producir alimento y bienes para estilos de vida frecuentes. Recursos que de igual manera se les da un uso excesivo y prácticas las cuales dañan y perjudican el equilibrio del medio ambiente.(Castillo, 2006)

La industria azucarera es una de las mayores fortalezas del país, socialmente aporta abundantes fuentes de trabajo y realizan actividades sociales de impacto especialmente en la costa sur. Sin embargo son muchos los desechos que provienen de dicha actividad industrial y algunos de ellos no se les da ningún uso o muy poco uso. En la atención a esta problemática, se plantea en esta investigación la posibilidad de utilización de vinaza, teniendo como puntos de referencia y comparación las reacciones que pueden tener los potenciales estimulantes de melaza y panela en los almácigos con el propósito de generar información que en un futuro cercano pueda ser utilizada en la producción de almácigos en este caso de tomate con la tecnología de bandejas flotantes .

La práctica de producción de almácigos flotantes es generada con una nueva visión, la cual incluye la utilización de los recursos suficientes para obtener buenos resultados. La práctica nos da múltiples beneficios en cuanto a la reducción de recursos, en ellos se incluye ahorro de fertilizantes, agua, manejos (mano de obra), entre otros, los cuales impactan en conjunto en los costos de producción. (Carrasco, 2005)

Los bioestimulantes son sustancias orgánicas las cuales brindan nutrientes para que el desarrollo de planta sea el adecuado. De esta manera, al incluir a la solución líquida un

bioestimulante natural crea que las plantas en su primera etapa de crecimiento se desarrollen de una mejor manera, creando así una eficiencia en piloneras y plantas más inocuas para un posterior manejo de cultivo. La importancia de utilizar estos potenciales estimulantes deriva en que son productos que surgen de procesos industriales de la producción del azúcar, en algunos casos desechos, siendo económicos y abundantes en el medio nacional. (Ecoosfera, 2015)

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes naturales en la producción de almácigos flotantes de tomate.

### **4.2 Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes sobre el desarrollo caulinar en almácigos flotantes de tomate.

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes sobre el desarrollo del área radicular.

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes sobre el crecimiento.

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1 Hipótesis alterna**

Por lo menos uno de los bioestimulantes a evaluar presentara diferencias significativas en el desarrollo caulinar superior al resto de tratamientos.

Por lo menos uno de los bioestimulantes a evaluar presentara diferencias significativas en el desarrollo radicular al resto de tratamientos.

Por lo menos uno de los bioestimulantes a evaluar presentara diferencias significativas en el crecimiento total al resto de los tratamientos.

Se tendrán diferencias estadísticas en los factores a estudiar, teniendo efectos positivos en función de los bioestimulantes a evaluar

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Localización del trabajo**

La realización del trabajo se llevó a cabo en el Centro de producción San Ignacio en la Universidad Rafael Landívar, campus central. Localizada en la ciudad capital de Guatemala con coordenadas 14° 35'31.36" N y 90° 29' 0.08" O. con una altitud de 1566msnm.

### **6.2 Material experimental**

#### **6.2.1 Semilla**

La realización de la práctica de almácigos flotantes se utilizo la variedad de semilla de tomate Zenit. Es una de las más comunes a utilizar en el cultivo de tomate en Guatemala, ya que cuenta con características favorables para su desarrollo.

#### **6.2.2 Estructura Hidropónica**

- Se utilizó bandejas de poli estireno expandido de 288 celdas como unidad experimental.
- Se fabricaron piletas para formar las unidades experimentales y los bloques de cultivo a la medida de las bandejas.
- Se tomó como sustrato base turba origen canadiense denominado comercialmente Peat Moss, se colocó húmedo en la bandeja previo a la siembra de semillas.
- Se sembró una semilla por celda

#### **6.2.3 Solución Nutritiva**

Se constituyó de una solución A y B que presentan los nutrientes y micronutrientes necesarios para el desarrollo de un cultivo hidropónico. En cada tratamiento hubo una preparación por medio de la disolución de los bioestimulantes determinados como vinaza, melaza y panela.

### 6.3 Factor a estudiar

La investigación tuvo como factor a estudiarlos bioestimulantes, los cuales se evaluarán en base al desarrollo caulinar y radicular de la plántula de tomate, tiempo de desarrollo y costos de producción.

### 6.4 Descripción de los tratamientos

Se colocó la bandeja en proceso de germinación

Al germinarse la semilla, las bandejas se colocó a flotar en una disolución fertilizante (Agua + Solución nutritiva para hidroponía), donde se tuvo los siguientes tratamientos:

Cuadro 3: Tratamientos a evaluar con los diferentes bioestimulantes vinaza, panela y melaza para el desarrollo de los almácigos de tomate

Tratamiento.	Nombre
T1:	Testigo con solución nutritiva y sin aplicación de bioestimulantes
T2:	Disolución nutritiva a $\frac{1}{4}$ de dosis con aplicación de VINAZA al 50 ppm
T3:	Disolución nutritiva a $\frac{1}{4}$ de dosis con aplicación de PANELA a 50 ppm
T4:	Disolución nutritiva a $\frac{1}{4}$ de dosis con aplicación de MELAZA a 50 ppm

Soluciones elaborados con dosis que pudieron estimular y determinar diferencias en el desarrollo de los almácigos.

### 6.5 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue de cuatro tratamientos y tres repeticiones para dar un total de 12 unidades experimentales, las cuales dieron una mayor certeza y precisión a los resultados obtenidos.

### 6.6 Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$$

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-eisimo bloque

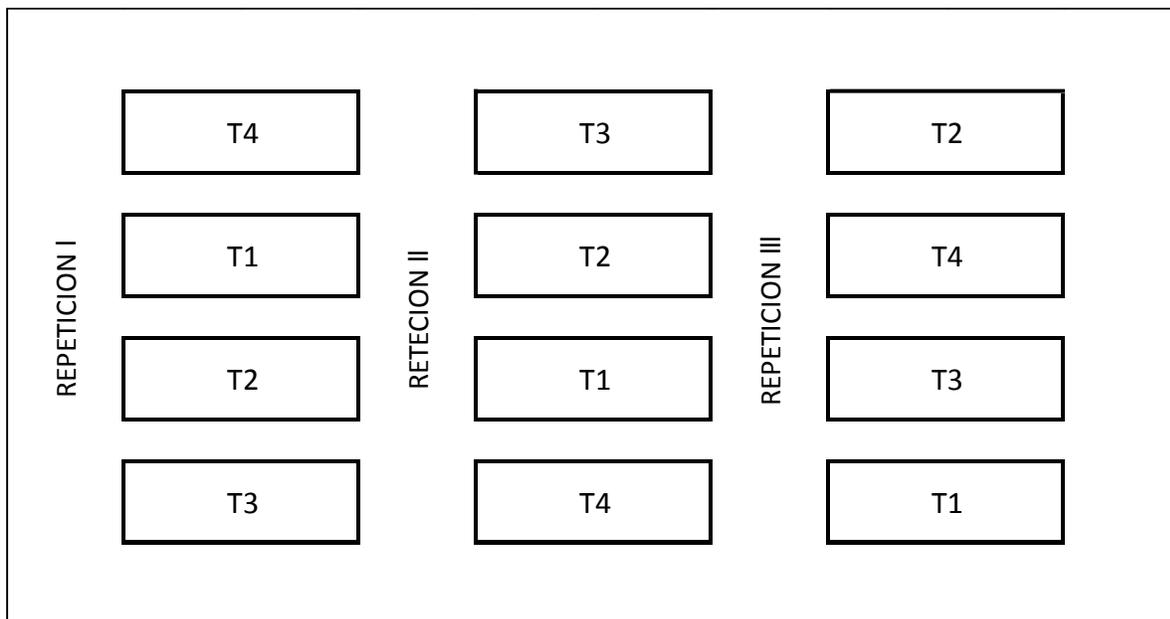
$\varphi_{ij}$  = Error experimental en la unidad de j del tratamiento

### 6.7 Unidad experimental

La unidad experimental fue de una bandeja por bloque, la cual conto con una semilla por cada celda.

### 6.8 Croquis

Figura 1: Croquis de campo de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones



### 6.9 Manejo del experimento

- Fase 1 Montaje de Piletas

Se elaboraron y establecieron las veinticuatro piletas para cada tratamiento, en las cuales se colocó un nylon color negro, que almaceno la solución hidropónica a lo largo

de los días de investigación. Las piletas tuvieron un tamaño de 50 x 50 cm en las que tuvo las bandejas germinadoras de 288 celdas.

- Fase 2 Siembra

Se tomó como sustrato base turba origen canadiense denominado comercialmente Peat Moss, se colocó húmedo en la bandeja previo a la siembra de semillas. La siembra se realizó por celda.

- Fase 3 Elaboración de solución

Cada tratamiento contó con las medidas necesarias de los elementos utilizados para la solución, estos siendo vinaza, melaza y panela. Los bioestimulantes utilizados se aplicaron disueltos en el agua con una dosis del 0.05% equivalente a 50 ppm. Se aplicó esta dosis debido a que la investigación pretendió determinar si se da una diferencia en desarrollo comparando los tres productos naturales a una misma dosis. Se aplicó solución nutritiva en todos los tratamientos, utilizando  $\frac{1}{4}$  de dosis, siendo 1.25 c.c. de solución concentrada "A" y 0.5 c.c. de B para la mezcla con bioestimulantes, frente a un testigo sin bioestimulantes.

- Fase 4 Medición

En la preparación de las mezclas, se midió los valores de pH del agua, TDS del agua y la mezcla, temperatura del agua, peso de bandejas con el sustrato, % de humedad de la mezcla (% H<sup>0</sup>),

- Fase 5 Control

El control se realizó diariamente, considerando un tiempo promedio de 25 a 30 días de producción. En esos días se reposó el agua para alcanzar los niveles correctos en las piletas y de esta forma se mantuvieron flotando. De igual manera se controló la limpieza por medio de raleos diarios y la sanidad por medio del color y tamaño de las hojas .

- Fase 6 Obtención de Pílon

Transcurrido el tiempo de desarrollo, se obtuvo ya como producto final los pilones de tomate, para su posterior evaluación, ya que habrán alcanzado su desarrollo óptimo para trasplante.

## **6.10 Variables de respuesta**

- Desarrollo caulinar

Se midió el desarrollo caulinar a través del tamaño y número de hojas verdaderas con las que cuenta la plántula. Por último se tomó el resultado con el peso total fresco.

- Desarrollo radicular

Se midió el desarrollo radicular a través de la densidad de raíces con la que cuenta la plántula. Por último se tomó el resultado con el peso total radicular.

## **6.11 Análisis de la información**

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Los datos fueron recolectados en una base de datos de Excel, diseñada para poder trasladarla fácilmente al software R, donde se analizaron posteriormente los datos.

Las variables cuantitativas se resumieron a través de medias y desviaciones estándar y se representaron gráficamente a través de gráficos de barras de error con intervalos de confianza del 95% para las medias poblacionales, con el objeto de realizar comparaciones múltiples de las medias poblacionales de cada variable respuesta según tratamiento.

Luego se aplicó un modelo multivariado de la varianza con un nivel de significancia del 5%. Se evaluaron los supuestos de independencia de las observaciones para las variables dependientes con el coeficiente de correlación de Pearson, la normalidad de cada variable con los test de Anderson-Darling y Shapiro-Francia, y el test de normalidad multivariante de Shapiro. La homocedasticidad se evaluó con el Box-M test (test de homogeneidad de matrices de covarianzas).

Se aplicaron también modelos univariados de ANOVA para cada variable dependiente, y, dado que hubo violación de los supuestos, se aplicó un modelo robusto de Adonis para contrastar simultáneamente las medias poblacionales según el tipo de tratamiento.

Se evaluó la asociación entre el número de hojas y el tipo de tratamiento con una tabla de contingencia y la prueba inferencial de ji cuadrado de Pearson.

## 7. Resultados y Discusión

Los almácigos de tomate obtenidos de los diferentes tratamientos evaluados fueron recolectados, posteriormente fueron analizados para obtener los promedios en peso radicular, peso foliar y crecimiento lo que determinaría la variabilidad que hubo en cada tratamiento. Es importante obtener los promedios debido a que de esta forma obtenemos que tratamiento dio un mayor rendimiento en cuanto al desarrollo de los almácigos.

De igual manera que los promedios, se obtuvo la desviación estándar para conocer la uniformidad de los datos. Esto nos permitió obtener que grupo de tratamiento nos da valores más uniformes que ocurre cuando se tienen una menor desviación estándar que los otros grupos de tratamientos.

Cuadro 4. Promedios de peso radicular, peso foliar y crecimiento total según tipo de tratamiento en los almácigos de tomate

Tipo de tratamiento		Media	Desviación estándar
Peso radicular (gr)	1 Testigo	0.425	0.126
	2 Vinaza	0.712	0.152
	3 Panela	0.453	0.186
	4 Melaza	0.475	0.156
	Total	0.516	0.194
Peso foliar (gr)	1 Testigo	1.692	0.199
	2 Vinaza	1.865	0.297
	3 Panela	1.408	0.332
	4 Melaza	1.604	0.185
	Total	1.642	0.308
Crecimiento total (cm)	1 Testigo	31.983	2.939
	2 Vinaza	33.800	3.177
	3 Panela	29.767	4.455
	4 Melaza	32.500	3.136
	Total	32.013	3.762

En el Cuadro 4, se observa la media y desviación estándar para cada variable y tratamiento. Cada tratamiento mostró diferencias en sus promedios de la media y consecuentemente indico diferencias en las variables a evaluar, observándose que el tratamiento 2 con el bioestimulante Vinaza es el que presenta mayor peso radicular, mayor peso foliar y mayor crecimiento total.

Los valores que muestra el cuadro 4, en cuanto a la media, indica que la aplicación de solución con vinaza ayuda a que los almácigos de tomate se desarrollen de una mejor manera, ya que por medio de los pesos de cada planta se mostró que hubo un desarrollo superior de raíz y de la parte caulinar. Dando así, un mayor crecimiento de los almácigos.

De la misma manera, en base a los valores obtenidos, se puede determinar que la composición de la vinaza si aporta nutrientes aprovechables para los almácigos de tomate. Esta aportación de nutrientes se ve reflejada en un mayor desarrollo de las plantas, la cual es también gracias a los contenidos de materia orgánica y a su composición de pH. Todas estas características ayudan a que la vinaza aporte los factores indicados para que ayuden al desarrollo de la planta en sus primeras etapas fisiológicas.

Al comparar los siguientes tratamientos, se observa que seguido del tratamiento 2, el tratamiento 4 con bioestimulante melaza, presentó un mayor peso radicular y un mayor crecimiento total, a pesar de que su peso foliar no fuese de los mas elevados. Sin embargo, no se alejó considerablemente del promedio total. La composición de la melaza pudo dar efectos positivos, ya que su composición es fuente de energía para las raíces en momentos de estrés y es un acidificante de la zona radicular que mejora la disponibilidad de nutrientes. Estas características ayudan a promover un desarrollo radicular para mantener un buen balance que permite un mejor movimiento del agua y aire. El buen desarrollo de las raíces permite una buena nutrición en los almácigos de tomate.

En cuanto al tratamiento 3 con bioestimulante panela, no se obtuvieron los resultados esperados, ya que de los cuatro tratamientos, los rendimientos en sus pesos no fueron

altos. Esto debido a que presentó los valores más bajos en las variables, a excepción en el peso radicular que obtuvo un promedio similar al testigo, pero de igual forma fue bajo en comparación a los otros tratamientos. Es decir, que la composición de la panela si tuvo mayor efecto en el desarrollo radicular, mostrando características superiores al testigo, aunque no fuesen tan significativas en determinada variable. El problema en cuanto la panela es que no pudo mostrar características positivas en las otras variables, ya que el desarrollo y crecimiento del almácigo no fue el óptimo.

En cuanto al tratamiento 1, el testigo, mostró valores por debajo del tratamiento 2 y 4 en las variables de peso radicular y crecimiento, pero valores superiores en la variable de peso foliar en los tratamientos 4 y 3. Esto nos muestra que los bioestimulantes naturales de vinaza, melaza y panela ayudan principalmente al desarrollo radicular de los almácigos, que posteriormente se refleja en un mayor crecimiento de las plantas a excepción de la panela.

Muchos de los estudios realizados en base a los desechos de la industria azucarera como vinaza y melaza han sido probados en cultivos sobre suelo, lo que genera que muchos de los resultados se vean dirigidos hacia el beneficio que se da al suelo al momento de aplicarlos. En este estudio realizado los resultados dan a conocer que así como la vinaza ayuda al desarrollo de cultivos en suelo de igual forma mejora significativamente la fisiología de las plantas al adherirlo a un sistema hidropónico.

Para que el funcionamiento del sistema hidropónico sea adecuado solo permite que se apliquen bioestimulantes que se disuelvan de buena manera, y la vinaza es un bioestimulante que presenta esas características. La asimilación de los nutrientes contenidos por la vinaza en los almácigos de tomate fue buena y los mostro a través de un desarrollo fisiológico superior al de los otros bioestimulantes.

En las figuras 1 a 3, se representa la comparación de las medias de las variables dependientes según tipo de tratamiento, con sus respectivos intervalos de confianza para la estimación de las medias poblacionales.

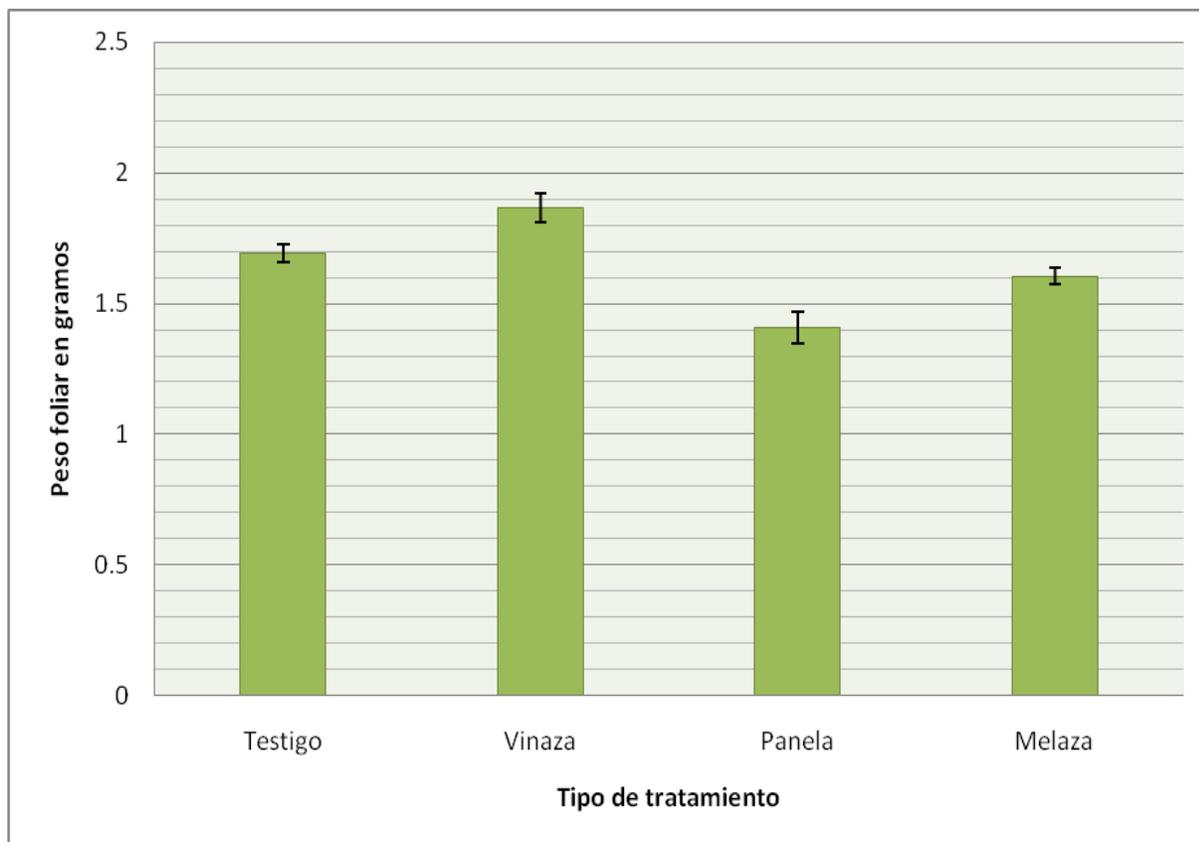


Figura 2. Peso foliar según tipo de tratamiento en almácigos de tomate

En la figura 2 se observa que todas las medias poblacionales de peso foliar difieren significativamente entre según el tipo de tratamiento. La vinaza es la que presenta los valores más altos en peso foliar, que es debido a que contiene una composición elemental interesante con muchos de los componentes para el desarrollo de los almácigos. En su composición la sustancias inorgánicas solubles en las que predominan los iones K, Ca y  $SO_4$  ayudaron a que el desarrollo radicular se intensificara y por ende dar un mayor crecimiento y desarrollo caulinar en los almácigos de tomate.

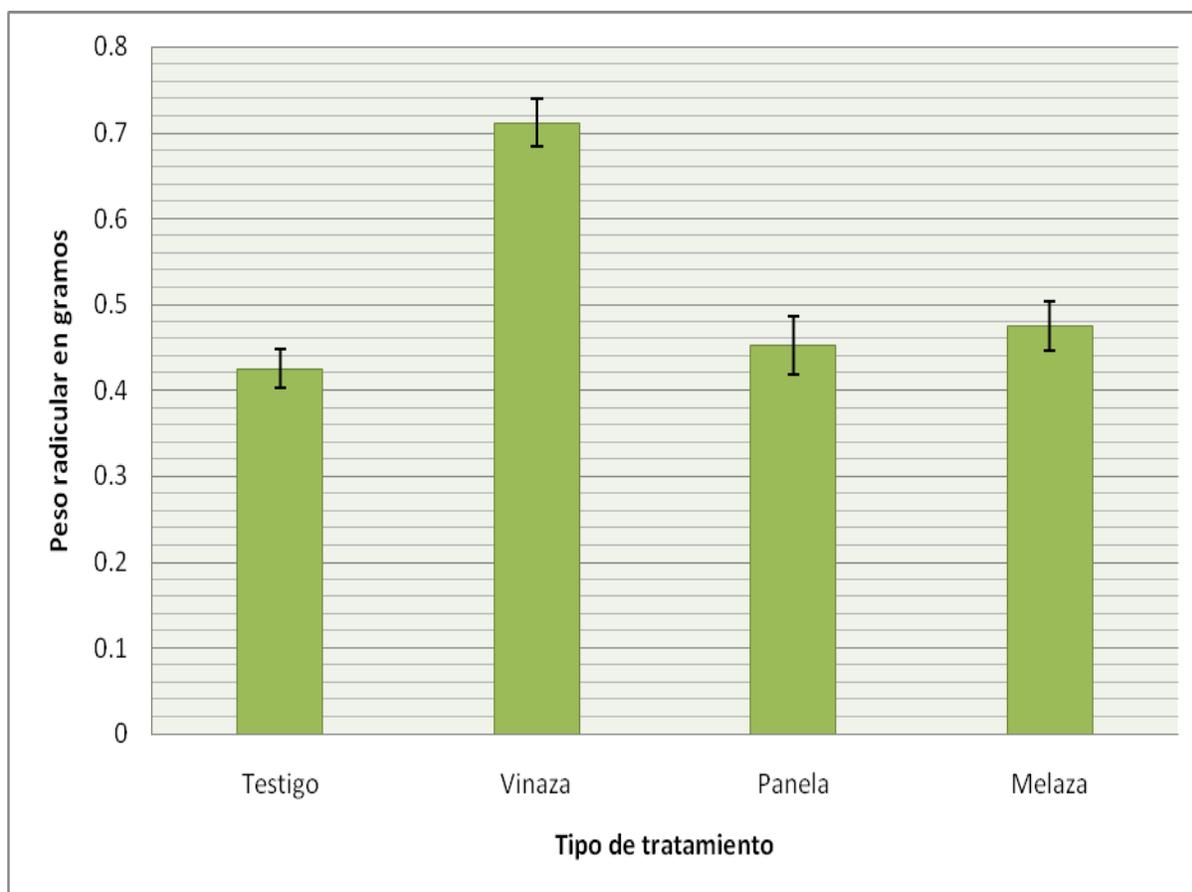


Figura 3. Peso radicular según tipo de tratamiento en almácigos de tomate

En el figura 3 se observa que la media poblacional de peso radicular del tratamiento 2 difiere significativamente del resto. Las sustancias orgánicas contenidas en la vinaza resultantes de los procesos metabólicos de levadura también fueron parte importante para el desarrollo radicular de los almácigos ya que proveyeron y favorecieron la estabilidad del almácigo con un desarrollo radicular más estable que al de los otros tratamientos.

Los otros tratamientos no defirieron tanto entre sí aunque se pudo observar que al aplicarle cualquier bioestimulante de los tres en prueba aumentaba significativamente el peso de la raíz, aunque estos resultados no reflejaran los mismos resultados en las otras variables analizar.

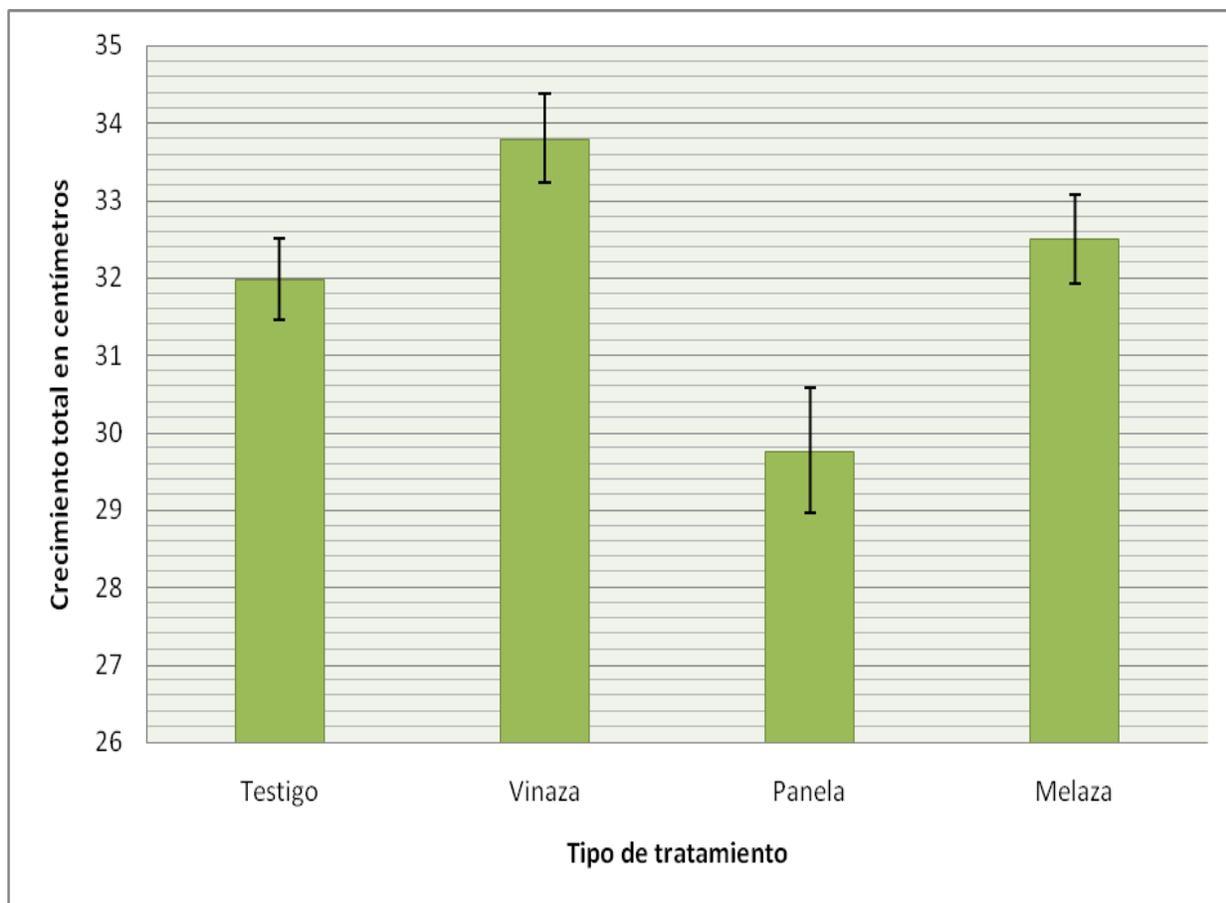


Figura 4. Crecimiento total según tipo de tratamiento en almácigos de tomate

Las medias poblacionales de crecimiento total de los tratamientos 2 y 3 difieren de los tratamientos 1 y 4. Los tratamientos 1 y 4 no varían significativamente entre sí. El crecimiento de los almácigos con la vinaza pudo llegar a contar con almácigos de 34cm. que mostraban todas la características necesarias, como por ejemplo un buen desarrollo radicular que daba un soporte muy estable a toda la parte caulinar de los almácigos. Esto elevaba los porcentajes de pegue en el momento del trasplante del almácigo a suelo.

Con los datos obtenidos se realizaron varias pruebas estadísticas para las variables y así se pudo determinar que si existía diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados. El primer análisis realizado se aplicó un MANOVA con sus respectivas pruebas de supuestos para la correlación, la distribución y la homocedasticidad de las variables.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson para evaluar independencia entre las variables dependientes

<b>Correlación entre variables</b>	<b>Coef. Corr Pearson</b>	<b>IC 95%</b>	<b>Valor p prueba de T</b>
Peso foliar -peso radicular	0.342	0.261 a 0.419	1.155E-14
Peso foliar - crecimiento total	0.515	0.446 a 0.578	2.200E-16
Peso radicular - crecimiento total	0.295	0.211 a 0.374	4.500E-11

En el cuadro 5, se observa que las variables no son completamente independientes entre sí. Todas las correlaciones fueron estadísticamente significativas, sin embargo, su tamaño del efecto estuvo comprendida entre pequeña a moderada. Los intervalos de confianza no incluyen al valor 0 de no relación lineal entre variables. En resumen, aunque no se cumplió con el supuesto de independencia de las variables dependientes, la correlación observada no fue muy alta.

De igual manera, se puede observar en los valores p de las pruebas de T correspondientes que muestran que las probabilidades de error son bajas, lo que nos indica que si hay relación entre las variables.

A continuación, se muestran las gráficas de dispersión entre las variables independientes para evaluar la correlación lineal entre ellas.

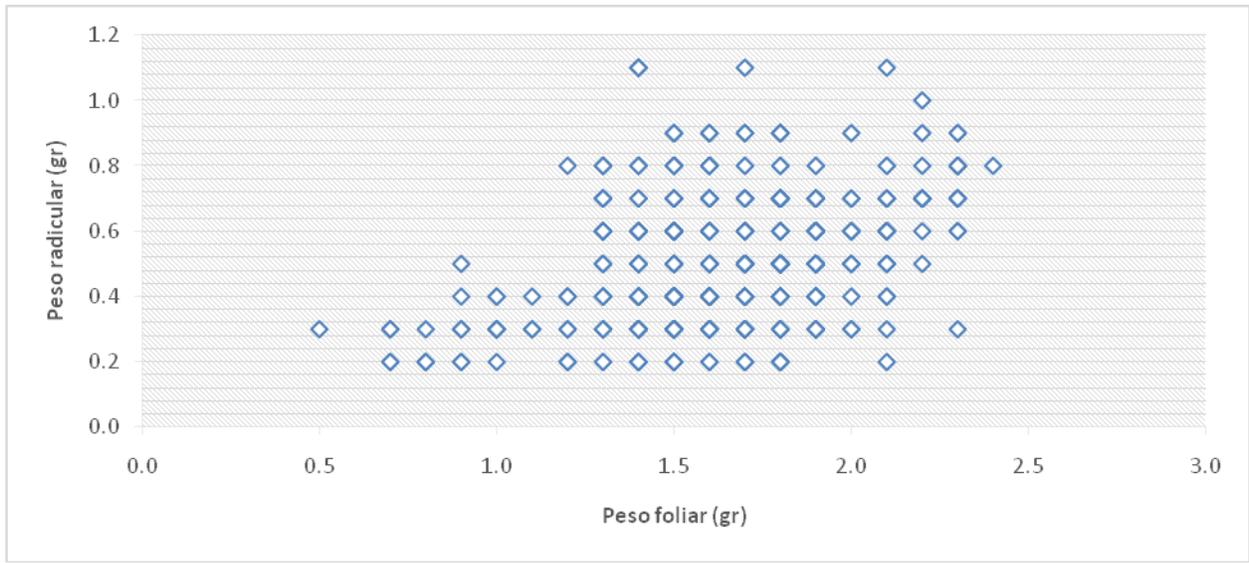


Figura 5. Correlación entre peso foliar y peso radicular en almácigos de tomate

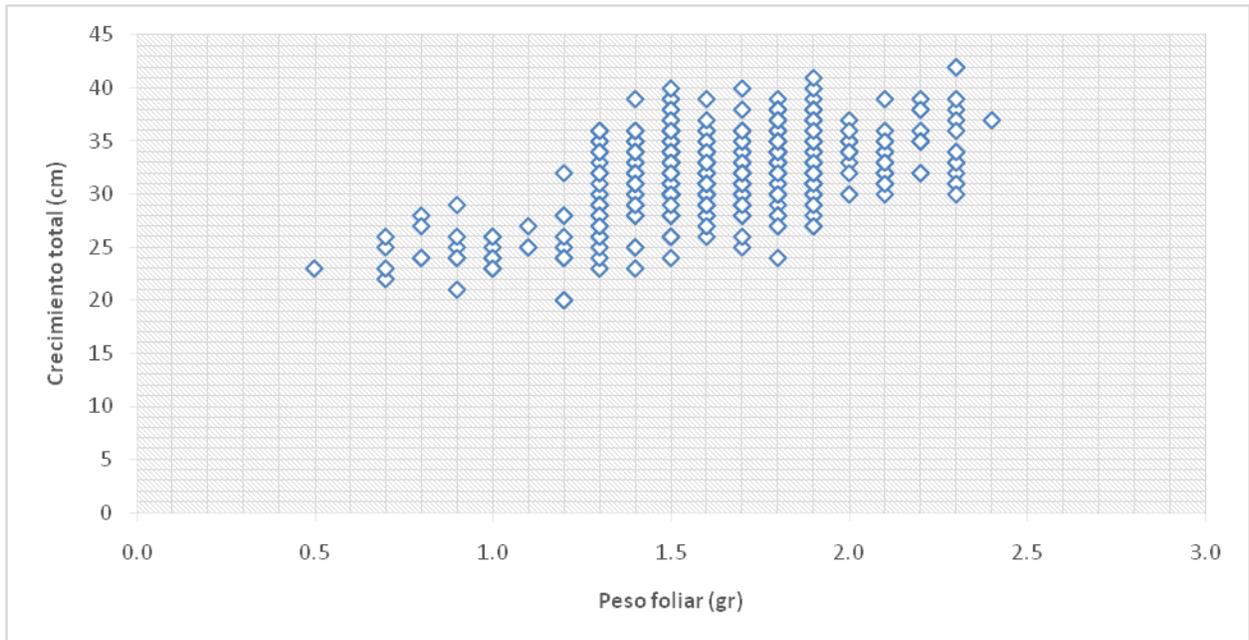


Figura 6. Correlación entre peso foliar y crecimiento total en almácigos de tomate

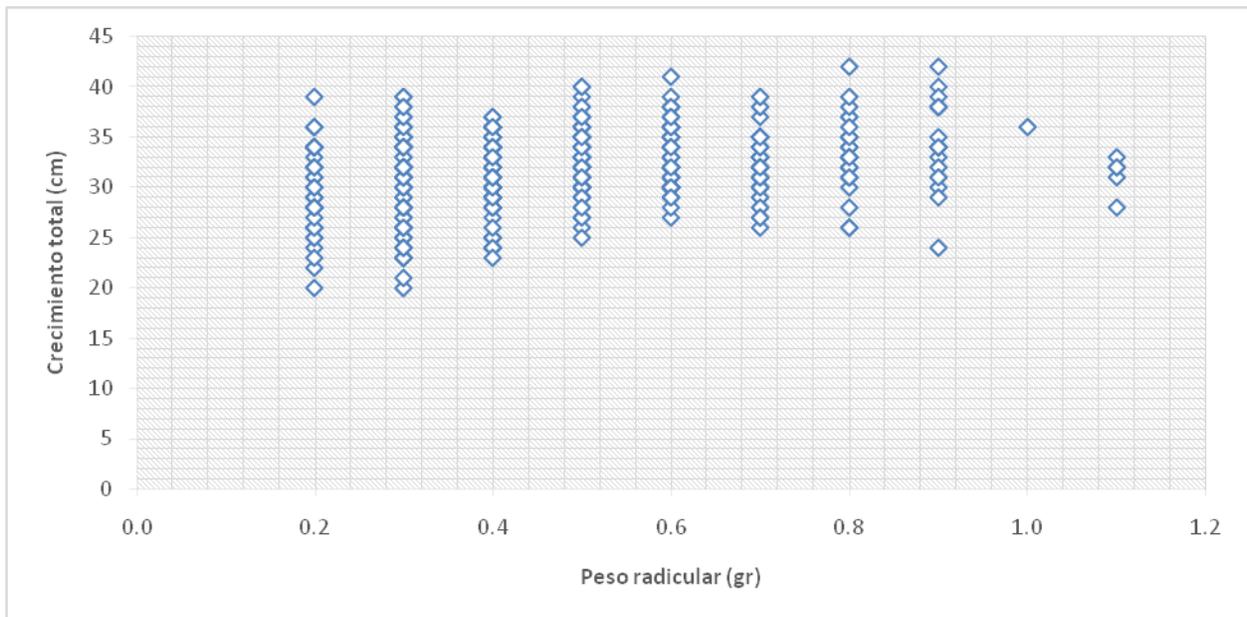


Figura 7. Correlación entre peso radicular y crecimiento total en almácigos de tomate

Las correlaciones entre las variables se pudieron observar que al momento de presentar mayor peso radicular los almácigos mostraban mayor crecimiento y desarrollo foliar, no en todos los casos se mostro en el mismo patrón pero la relación en las variables se presento. La importancia de los bioestimulantes vuelve a presentarse, ya que es en el área radicular donde se obtiene su mayor efecto para su desarrollo.

Las correlaciones entre el crecimiento y el peso foliar también se obtuvieron y mostraron en su mayoría un aumento en el crecimiento a mayor peso foliar. Indicando que todos los tres diferentes bioestimulantes afectan las variables buscando que el desarrollo total de todas las partes que conforman el almacigo sea el optimo.

La segunda evaluación que se realizo fue la prueba de supuesto de la normalidad, que se encargo de mostrar la distribución de los datos.

Cuadro 6. Evaluación de la normalidad de cada variable dependiente y de la distribución normal multivariante

<b>Evaluación de la normalidad</b>	<b>Valor p</b>
Test de Anderson-Darling peso foliar	2.418E-11
Test de Anderson-Darling peso radicular	3.018E-16
Test de Anderson-Darling crecimiento total	2.227E-08
Test de Shapiro-Francia peso foliar	1.193E-07
Test de Shapiro-Francia peso radicular	2.454E-09
Test de Shapiro-Francia crecimiento total	2.202E-05
Test de Shapiro de normalidad multivariante	2.200E-16

Se observa que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula que indica que estas variables respuesta poseen una distribución normal. Se usaron las pruebas de Anderson-Darling y de Shapiro-Francia, que poseen mayor potencia. Además, se observó que se descarta la hipótesis nula de la prueba de distribución de normalidad multivariante. En resumen, no se cumple con el criterio de normalidad.

Por último se realizó la prueba de supuesto de la homocedasticidad, que nos indicó de que manera los valores estarían distribuidos.

Cuadro 7. Evaluación de la homocedasticidad de las variables dependientes

<b>Evaluación de la homocedasticidad</b>	<b>Valor p</b>
Test de homogeneidad de matrices de covarianzas	2.200E-16

En la evaluación de la homogeneidad de matrices de covarianzas se evaluó la dispersión de las variables dependientes según los tratamientos administrados. Se rechaza la hipótesis nula que indica que hay homocedasticidad, ya que el valor de p es

menor a 0.05. Por tanto, no se cumple con el supuesto y se confirma que no se encuentra homocedasticidad en los valores evaluados.

Con el análisis de los tres supuestos se prosiguió a realizar un MANOVA que es un modelo que analiza varias variables respuesta simultáneas de tipo cuantitativo, se usa este para asociar las tres variables con el tipo de tratamiento ayudando a identificar si se encuentra variación.

Cuadro 8 . Modelo MANOVA (análisis de varianza de respuesta múltiple) para relacionar las variables peso radicular, peso foliar y crecimiento total

<b>Efecto</b>	<b>Wilks</b>	<b>F</b>	<b>Grados de libertad 1</b>	<b>Grados de libertad 2</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	0.4963	42.762	3	9	2.20E-16

En base al cuadro 8, la variación obtenida es interpretada por medio del valor p, que indica que el valor p es menor a 0.05. Por lo que se concluye que se rechaza la hipótesis nula, la cual indica que las medias poblacionales de las tres variables independientes evaluadas, varían simultáneamente de forma significativa según el tipo de tratamiento utilizado. Es decir , que si hay variación estadísticamente significativa.

El modelo MANOVA muestra que las variables evaluadas de crecimiento, peso foliar y peso radicular de los almácigos de tomate según los diferentes tratamientos de vinaza, melaza y panela, dan un desarrollo positivo que se observa estadísticamente y que ayudaría a obtener una eficiencia en piloneras de tomate.

Los modelos ANOVA individuales se realizaron al finalizar el modelo de MANOVA y de esta forma tener una idea de la variación que tienen las variables en otro prueba estadística.

Cuadro 9 Modelos ANOVA individuales para cada variable respuesta

<b>Variables</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
Peso foliar	63.838	< 0.001
Peso radicular	84.962	< 0.001
Crecimiento total	28.020	< 0.001

Dado que no se cumplió con el supuesto de independencia en medida pequeña a moderada, se evaluó a través de modelos ANOVA individuales, para observar si las medias poblacionales de cada variable respuesta variaban significativamente según los tratamientos administrados. En todos los casos, se rechazó la hipótesis nula, y por tanto se concluyó que hubo variación estadísticamente significativa. El mayor tamaño del efecto se observó para la variable peso radicular, es decir, el tipo de tratamiento utilizado influye mayormente sobre el peso radicular.

En relación de las determinadas variables, los modelos ANOVA individuales confirman estadísticamente lo que se observó en la investigación. Los tratamientos vinaza y melaza aumentan significativamente el peso radicular de los almácigos de tomate, para dar así un mayor desarrollo caulinar por medio del peso foliar y un aumento en el crecimiento total de los almácigos.

Estos resultados muestran que las variables se relacionan entre sí y que la utilización de los bioestimulantes da un mayor efecto en el desarrollo radicular de los almácigos que se ve reflejado significativamente en las demás variables.

La última prueba realizada para determinar si hay variación estadísticamente significativa fue el Modelo de robusto.

Cuadro 10. Modelo de respuesta múltiple de permutaciones (robusto)

<b>Efecto</b>	<b>F</b>	<b>Grados de libertad 1</b>	<b>Grados de libertad 2</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	33.601	3	476	0.010

Dado que no se cumplió con los supuestos, finalmente se utilizó un modelo de respuesta múltiple de permutaciones, es decir un modelo, robusto a las violaciones de los supuestos. Se evaluó si las medias poblacionales de las variables respuesta varían simultáneamente de forma significativa según el tipo de tratamiento. El valor p observado es un poco más conservador que el presentado en el modelo paramétrico y así mismo, el tamaño del efecto según la F calculada.

El valor p es menor a 0.05 lo cual indica por otra prueba estadística que las medias poblacionales de las variables varían en función del tratamiento.

Otro factor importante que se determinó para mayor validez fue el desarrollo de las hojas verdaderas que nos permitió determinar el avance de los almácigos en cuanto a tiempo de desarrollo.

Cuadro 11. Hojas verdaderas en función del tipo de tratamiento

Tipo de tratamiento	Hojas verdaderas				Total
	2	3	4	5	
1	1	24	80	15	120
	.8%	20.0%	66.7%	12.5%	100.0%
2	0	4	80	36	120
	0.0%	3.3%	66.7%	30.0%	100.0%
3	1	30	78	11	120
	.8%	25.0%	65.0%	9.2%	100.0%
4	1	41	70	8	120
	.8%	34.2%	58.3%	6.7%	100.0%

En el cuadro 11, se observa que hubo hasta 5 hojas en mayor proporción en el tratamiento 2. Esta diferencia fue estadísticamente significativa según el valor p de una prueba de ji cuadrado de Pearson, cuyo valor fue menor a 0.001. Lo que nos indica que el tratamiento dos con vinaza da un desarrollo acelerado que estimula que las plantas alcancen una etapa de trasplante en menor tiempo, ya que cumple con las características adecuadas.

## 8. Conclusiones

- La utilización de bioestimulantes naturales mostraron diferencia estadística significativa en la producción de almácigos flotantes de tomate, indicando que se obtiene un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo del almácigo.
- Se determinó que el bioestimulante Vinaza con disolución nutritiva a  $\frac{1}{4}$  de dosis con aplicación de Vinaza a 50 ppm, presentó un desarrollo superior al de los otros tratamientos por medio de un mayor peso radicular.
- Se determinó que la aplicación del bioestimulante Vinaza con disolución nutritiva a  $\frac{1}{4}$  de dosis con aplicación de Vinaza al 50 ppm, presentó un desarrollo superior al de los otros tratamientos por medio de un mayor peso foliar y mayor crecimiento.

## 9. Recomendaciones

- Basado en los resultados obtenidos, se recomienda el uso de vinaza en la producción de almácigos flotantes de tomate, para el crecimiento y desarrollo ya que si hubo una diferencia estadística significativa entre los tratamientos.
- Debido a la diferencia significativa mostrada por la vinaza, se recomienda continuar con investigaciones acerca de las dosis adecuadas para el desarrollo óptimo de los almácigos.
- Se recomienda continuar estudios para generar alternativas nuevas en cuanto a la utilización de los desechos de la industria azucarera para buscar de esta forma una eficiencia en las prácticas agrícolas.

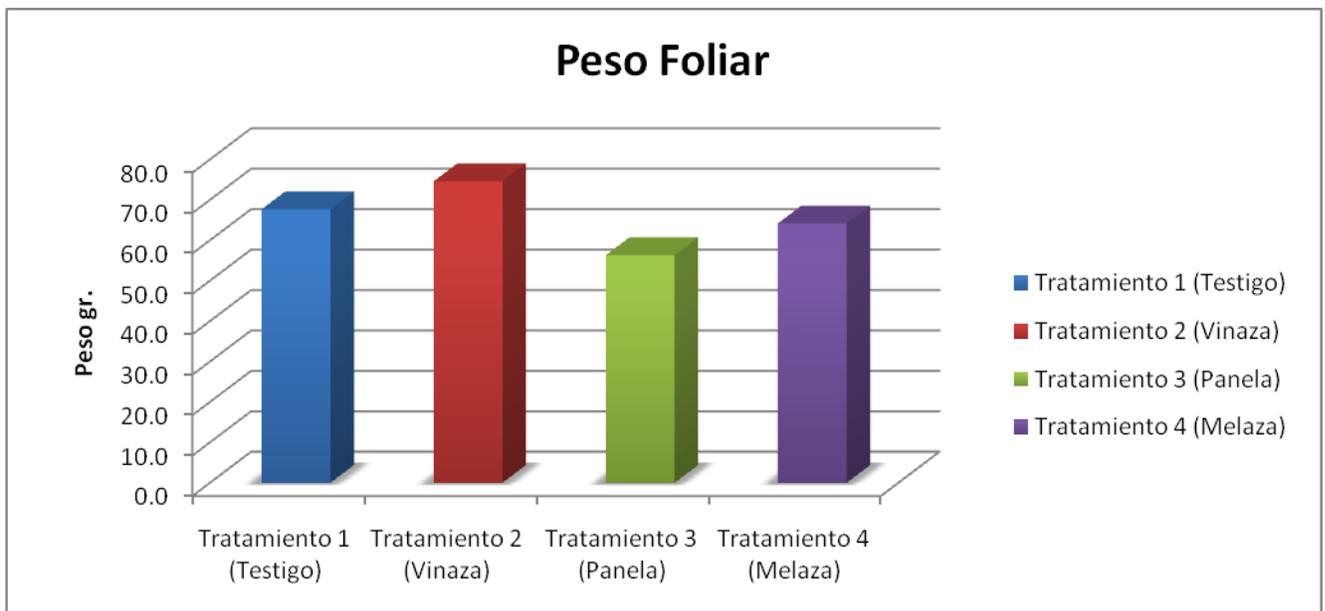
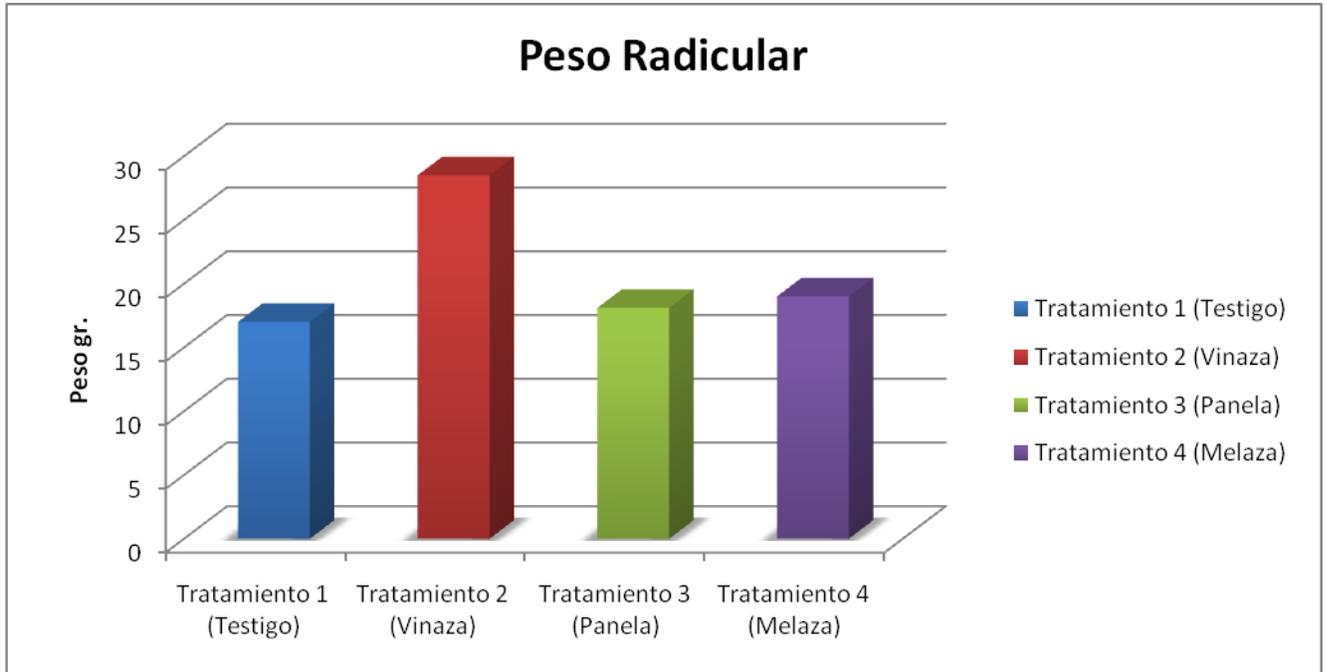
## 10. Bibliografía

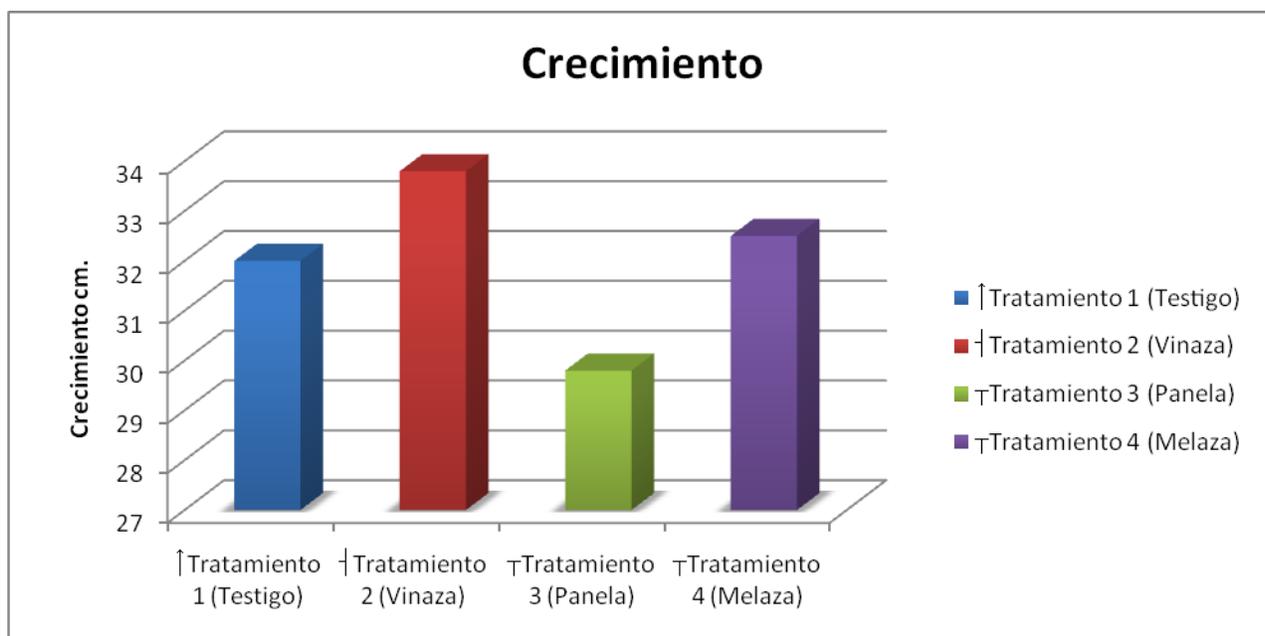
- Asociacion Hidroponica Mexicana A.C. (2012). Ventajas en la hidroponia. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 , de <http://hidroponia.org.mx/>
- Carrasco, G. (2005). Almaciguera Flotante para la produccion de almácigos hortícolas. Recuperado el 3 de Febrero de 2016, de [http://dspace.usalca.cl/bitstream/1950/2932/1/Carrasco\\_G.pdf](http://dspace.usalca.cl/bitstream/1950/2932/1/Carrasco_G.pdf)
- Casseres, E. (2000). Produccion de Hortalizas . Perú: IICA. Editorial Macro Surco
- Castillo, J. (Octubre de 2006). Evaluacion de cuatro bioestimulantes y tres densidades de siembra en el cultivo de cundeamor. Recuperado el 9 de Febrero de 2016, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/publilppm/2014/Tesis/2006/06/Castillo-Jose.pdf>
- CENGICAÑA. (2012). El Cultivo de la Caña de azucar en Guatemala. (M. Melgar, Ed.) Guatemala: Artemis Edinter.
- De Leon, R. (Marzo de 2014). Produccion de Tomate en Guatemala. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-tomate-en-guatemala.shtml#.VruDRvI5PAG>
- Duque, C. (Noviembre de 2008). Manejo agronomico del cultivo de tomate en casa malla, bajo las condiciones de monjas jalapa. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2455.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2455.pdf)
- Ecoosfera. (Enero de 2015). Mexicanos elaboran un bioestimulante para la tierra en base a bacterias. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.ecoosfera.com/2015/01/mexicanos-elaboran-un-bioestomulante-para-la-tierra-a-base-de-bacterias/>
- FAUSAC. (28 de Junio de 2013). Hidroponia en Guatemala, Facultad de Agronomia. Recuperado el 1 de Febrero de 2016, de [http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Desarrollo\\_de\\_la\\_Hidroponia\\_en\\_Guatemala](http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Desarrollo_de_la_Hidroponia_en_Guatemala)

- Fermin, A. (2009). *Evaluacion de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao*. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/319/1/13T0621ANGULO%20FERMIN.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/319/1/13T0621ANGULO%20FERMIN.pdf)
- Hydro Environment. (2016). *Hidroponia*. Recuperado el 1 de Febrero de 2016, de [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=27](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=27)
- ideagro. (Septiembre de 2013). *Bioestimulantes*, Recuperado el 9 de febrero de 2016, de <http://www.chil.org/blogpost/bioestimulantes-y-agricultura/2613>
- La Molina. (2015). *Solucion Hidroponica La Molina*. Recuperado el 25 de febrero de 2015, de <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/solucion1.htm>
- Maga. (2013). *El Agro en Cifras*. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de <http://web.maga.gob.gt/download/El-agro-en-cifras-small.pdf>
- MAGA. (septiembre de 2014). *Perfil Comercial Tomate*. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf>
- Perdigón, S. (2013). *La vinza de jugos de caña energetica y su aplicacion en los suelos cañeros*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/smpm1.htm>
- Picon, R. (Febrero de 2013). *Evaluacion de sustratos alternativos para la produccion de pilones del cultivo de tomate*. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de [http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS\\_RIGOBERTO\\_PICN.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf)
- Vargas J.H. (2010). *Curso Basico de Hidroponia* . Capa, Puerto Rico .
- Villata, W. (2012). *Beneficio de la panela producida organicamente frente al azucar blanca*. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3346/1/TESIS.pdf>
- Zamora, A. (2016). *Interaccion de carbohidratos*. Recuperado el 6 de Febrero de 2016, de <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos.htm>

## ANEXOS

Anexo 1. Promedio en peso radicular, foliar y crecimiento en los almácigos de tomate





Anexo 2 Promedios de peso radicular, peso foliar y crecimiento total según tipo de tratamiento en el cultivo de tomate

Tipo de tratamiento		Media	Desviación estándar
Peso radicular (gr)	1 Testigo	0.425	0.126
	2 Vinaza	0.712	0.152
	3 Panela	0.453	0.186
	4 Melaza	0.475	0.156
	Total	0.516	0.194
Peso foliar (gr)	1 Testigo	1.692	0.199
	2 Vinaza	1.865	0.297
	3 Panela	1.408	0.332
	4 Melaza	1.604	0.185
	Total	1.642	0.308
Crecimiento total (cm)	1 Testigo	31.983	2.939
	2 Vinaza	33.800	3.177
	3 Panela	29.767	4.455
	4 Melaza	32.500	3.136
	Total	32.013	3.762

Anexo 3 Coeficientes de correlación de Pearson para evaluar independencia entre las variables dependientes

<b>Correlación entre variables</b>	<b>Coef. Corr Pearson</b>	<b>IC 95%</b>	<b>Valor p prueba de T</b>
Peso foliar -peso radicular	0.342	0.261 a 0.419	1.155E-14
Peso foliar - crecimiento total	0.515	0.446 a 0.578	2.200E-16
Peso radicular - crecimiento total	0.295	0.211 a 0.374	4.500E-11

Anexo 4 Evaluación de la normalidad de cada variable dependiente y de la distribución normal multivariante

<b>Evaluación de la normalidad</b>	<b>Valor p</b>
Test de Anderson-Darling peso foliar	2.418E-11
Test de Anderson-Darling peso radicular	3.018E-16
Test de Anderson-Darling crecimiento total	2.227E-08
Test de Shapiro-Francia peso foliar	1.193E-07
Test de Shapiro-Francia peso radicular	2.454E-09
Test de Shapiro-Francia crecimiento total	2.202E-05
Test de Shapiro de normalidad multivariante	2.200E-16

Anexo 5 Evaluación de la homocedasticidad de las variables dependientes

<b>Evaluación de la homocedasticidad</b>	<b>Valor p</b>
Test de homogeneidad de matrices de covarianzas	2.200E-16

Anexo 6 Modelo MANOVA (análisis de varianza de respuesta múltiple) para relacionar las variables peso radicular, peso foliar y crecimiento total

<b>Efecto</b>	<b>Wilks</b>	<b>F</b>	<b>Grados de libertad 1</b>	<b>Grados de libertad 2</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	0.4963	42.762	3	9	2.20E-16

Anexo 7 Modelos ANOVA individuales para cada variable respuesta

<b>Variables</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
Peso foliar	63.838	< 0.001
Peso radicular	84.962	< 0.001
Crecimiento total	28.020	< 0.001

Anexo 8 Modelo de respuesta múltiple de permutaciones (robusto)

<b>Efecto</b>	<b>F</b>	<b>Grados de libertad 1</b>	<b>Grados de libertad 2</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	33.601	3	476	0.010

Anexo 9 Hojas verdaderas en función del tipo de tratamiento

<b>Tipo de tratamiento</b>	<b>Hojas verdaderas</b>				<b>Total</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
1	1	24	80	15	120
	.8%	20.0%	66.7%	12.5%	100.0%
2	0	4	80	36	120
	0.0%	3.3%	66.7%	30.0%	100.0%
3	1	30	78	11	120
	.8%	25.0%	65.0%	9.2%	100.0%
4	1	41	70	8	120
	.8%	34.2%	58.3%	6.7%	100.0%

