



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**PRODUCCIÓN DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) CON BIOFERTILIZANTE Y  
HARINAS DE ROCA**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA**

**MARÍA FERNANDA OLIVARES TEJEDA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. J. REFUGIO TOBAR REYES**

**San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Marzo de 2023.**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**PRODUCCIÓN DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) CON BIOFERTILIZANTE Y  
HARINAS DE ROCA**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA**

**MARÍA FERNANDA OLIVARES TEJEDA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. J. REFUGIO TOBAR REYES**

**ASESORES**

**DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ**

**DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ**

**San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Marzo de 2023.**

La presente tesis titulada “**PRODUCCIÓN DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) CON BIOFERTILIZANTE Y HARINAS DE ROCA**” realizada por María Fernanda Olivares Tejeda ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el grado:

**LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias**

Consejo particular integrado por:

Firma

Director      Dr. J. Refugio Tobar Reyes

Asesor        Dr. Sigfrido David Morales Fernández

Asesor        Dra. Delia Moreno Velázquez

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Marzo de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico BUAP CA 313, denominado: **Manejo integral de cultivos agrícolas** y de la Línea de Investigación: **Cambios fisiológicos, fisicoquímicos y bioquímicos en el manejo de cultivos y productos hortofrutícolas**. Dicho trabajo, fue financiado por la alumna y parcialmente por recursos del **PFCE 2018**.

## DEDICATORIA

A la vida por permitirme llegar hasta aquí, porque ha sido difícil pero no imposible, porque aún queda un largo camino por recorrer para lograr todas mis metas.

A mi mamá Elvi por estar conmigo siempre y en cada momento de mi vida, entenderme y ayudarme en todo lo que has podido, por cuidarme y darme lo mejor, eres la mejor mamá del mundo, te amo con todo mi corazón.

A mi hermana Mary, por estar siempre que lo necesito, por ser mi amiga y compañera de cuarto, te quiero mucho Guillito.

A mi hermana Viri, por siempre cuidarme y apoyarme en mis decisiones, eres la mejor hermana y amiga, te quiero mucho.

A mi sobrinito Santiago, porque tu llegada me ha hecho muy feliz y cuando seas más grande te des cuenta que estas aquí.

A mi papa Fernando, por apoyarme incondicionalmente a lo largo de toda mi educación, por estar siempre que lo he necesitado, te amo pa.

A mi tía Tere, por apoyarme siempre y en cada momento, eres como una mamá, te quiero.

A mi amiga Vane por brindarme tu amistad y compañía durante estos años, si se pudo, lo logramos.

A todas las personas especiales que encontré en la universidad, porque me apoyaron y brindaron su amistad, compañía y conocimientos

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi casa de estudios, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y a mi Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, por permitir que concluya mis estudios universitarios y que con este logro se abran muchas puertas para mi desarrollo profesional.

A mis maestros, en especial al Dr. Refugio por apoyarme en cada una de las materias que me impartió y compartir sus conocimientos para una vida más saludable y feliz, y finalmente en la elaboración de esta investigación, me quedo con todos sus consejos.

A los docentes que forman parte de mi consejo particular, por apoyarme para realizar esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1. Características generales del cultivo de zanahoria.....	5
4.1.1. Origen.....	5
4.1.2. Valor nutricional.....	5
4.1.3. Condiciones agroclimatológicas.....	6
4.1.4. Exigencias Agroecológicas.....	7
4.1.5. Descripción botánica y morfológica.....	7
4.1.6. Características físico-químicas y organolépticas.....	8
4.1.7. Ciclo fenológico del cultivo.....	8
4.2. Actividades del cultivo.....	9
4.2.1. Establecimiento del cultivo.....	9
4.2.2. Propagación.....	9
4.2.3. Preparación del terreno y siembra.....	9

4.2.4. Mantenimiento del cultivo.....	10
4.3. Plagas y enfermedades.....	10
4.3.1. Plagas y enfermedades que atacan al cultivo.....	10
4.3.2. Mosca de la zanahoria ( <i>Psylla rosae</i> ).....	10
4.3.3. Gusano blanco de la zanahoria ( <i>Listroderes</i> sp).....	11
4.3.4. Manchas foliares ( <i>Alternaria</i> sp.).....	11
4.3.5. Bacteriosis ( <i>Erwinia carotovora</i> , <i>Xanthomonas carotae</i> ).....	11
4.3.6. Control de malezas.....	12
4.4. Importancia del cultivo de zanahoria en el mundo.....	12
4.5. Panorama de la producción de zanahoria en México .....	13
4.6. Biotecnología en el sector agroalimentario .....	13
4.7. Fertilizantes orgánicos .....	14
4.7.1. Biofertilizante.....	15
4.7.2. Harinas de roca.....	15
4.8. Producción de zanahoria con abonos alternativos.....	16
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
5.1. Localización.....	18
5.2. Obtención de las harinas de roca.....	18
5.3. Preparación de las harinas de roca.....	18
5.4. Preparación del biofertilizante.....	19
5.5. Muestreo de suelo.....	20
5.6. Preparación del suelo.....	20
5.7. Siembra del cultivo de zanahoria.....	21
5.8. Diseño experimental.....	21
5.9. Variables evaluadas.....	23



5.9.1. Porcentaje de emergencia.....	23
5.9.2. Altura de planta a la cosecha.....	23
5.9.3. Longitud de raíz a la cosecha.....	24
5.9.4. Peso de follaje a la cosecha.....	25
5.9.5. Peso de raíz a la cosecha.....	25
5.9.6. Cromatogramas Pfeiffer.....	26
5.9.6.1. Interpretación de los análisis cromatográficos.....	27
5.10. Análisis estadístico.....	27
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
6.1. Análisis de varianza.....	28
6.2. Efecto del biofertilizante y harina de roca sobre la producción de zanahoria.....	28
6.3. Porcentaje de emergencia de plantas de zanahoria.....	29
6.4. Longitud de follaje a la cosecha.....	30
6.5. Longitud de raíz.....	32
6.6. Peso de raíz.....	33
6.7. Análisis de cromatogramas Pfeiffer.....	35
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>39</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Aporte nutricional por cada 100 gramos de zanahoria.	6
<b>Cuadro 2.</b> Promedio del número de plantas de zanahoria emergidas (P Z E) y altura de planta (AP) en cada uno de los tratamientos	27
<b>Cuadro 3.</b> Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para porcentaje de emergencia (%) de zanahoria.	28
<b>Cuadro 4.</b> Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para longitud de follaje de zanahoria (cm).	29
<b>Cuadro 5.</b> Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para longitud de raíz (cm) de zanahoria.	31
<b>Cuadro 6.</b> Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para peso de raíz (g) de zanahoria.	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<b>Figura 1.</b> Producción de zanahoria por regiones.	12
<b>Figura 2.</b> Harinas de roca previas a la homogenización para mineralizar las unidades experimentales.	18
<b>Figura 3.</b> Insumos para la elaboración de biol.	19
<b>Figura 4.</b> Sembrador de madera para zanahoria.	20
<b>Figura 5.</b> Distribución de los tratamientos.	21
<b>Figura 6.</b> Emergencia de plantas de zanahoria.	22
<b>Figura 7.</b> Selección de planta más alta por unidad experimental para su toma de medida.	23
<b>Figura 8.</b> Longitud de raíz de tres plantas por cada unidad experimental.	23
<b>Figura 9.</b> Peso de follaje de tres plantas de zanahoria.	24
<b>Figura 10.</b> Peso de raíz de zanahoria por cada unidad experimental para su análisis.	24
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de emergencia en el cultivo de zanahoria a los 39 días después de la siembra.	29
<b>Figura 12.</b> Longitud de follaje en zanahoria al momento de la cosecha.	30
<b>Figura 13.</b> Longitud en raíz de zanahoria tomada en la cosecha.	32
<b>Figura 14.</b> Peso promedio de raíz de zanahoria al momento de la cosecha.	33
<b>Figura 15.</b> Cromatograma de muestra tomada antes de iniciar el experimento.	34
<b>Figura 16.</b> Cromatogramas correspondientes al testigo y a los tratamientos con diferentes dosis de biol.	35
<b>Figura 17.</b> Cromatogramas correspondientes a los tratamientos con diferente dosis de biol y dosis única de harina de roca.	36

## RESUMEN

En las últimas décadas se ha incorporado el uso de fertilizantes químicos, los cuales afectan considerablemente los suelos, que son la fuente generadora de los alimentos a nivel mundial, una manera de rescatar los suelos agrícolas es con la aplicación de harinas de rocas, estas fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las plantas, al igual que los biofertilizantes, los cuales son productos que contienen microorganismos, que en simbiosis con las plantas ayudan a su nutrición y protección. Un objetivo de la biotecnología en conjunto con la agroecología es disminuir el uso de agroquímicos como herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes. También busca evitar el monocultivo, hacer un uso sustentable de recursos naturales y disminuir el efecto de la agricultura sobre la biodiversidad. En el cultivo de zanahoria se determinó la dosis de harina de roca y biofertilizante que obtuvo los mejores rendimientos. El experimento se realizó dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Se utilizaron dos clases de harinas de roca para mineralizar las unidades experimentales, la dosis aplicada consistió en  $3 \text{ t ha}^{-1}$ , de igual manera se elaboró un biofertilizante aprovechando los materiales de la región. Los tratamientos que se establecieron se incluyeron diferentes dosis de biofertilizante y una dosis única de harina de roca. Al finalizar la toma de variables, se exportaron los datos para realizar el análisis de varianza en el programa IBM\* SPSS Statistics versión 22, bajo un modelo estadístico de bloques completos al azar con ocho repeticiones. Las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas, sin embargo, en las características cualitativas de la zanahoria al momento de la cosecha se observaron diferencias numéricas en cuanto mayor longitud de follaje y peso raíz en los tratamientos donde se aplicó mayor cantidad de biol y la adición de harina de rocas.

**Palabras clave:** Mineralización, biotecnología, cromatografía Pfeiffer, agricultura natural.

## ABSTRACT

In recent decades the use of chemical fertilizers has been incorporated, which significantly affect the soils, which are the source of food worldwide, a way to rescue agricultural soils is with the application of rock flours, these were the basis of the first fertilizers used in agriculture to ensure the nutritional balance of plants, as well as biofertilizers, which are products that contain microorganisms, which in symbiosis with plants help their nutrition and protection. A goal of biotechnology in conjunction with agroecology is to reduce the use of agrochemicals such as herbicides, insecticides, fungicides and fertilizers. It also seeks to avoid monoculture, make sustainable use of natural resources and reduce the effect of agriculture on biodiversity. In the carrot crop the dose of rock flour and biofertilizer was determined, which obtained the best yields. The experiment was conducted within the Faculty of Agriculture Sciences and Pecuary. Two kinds of rock flours were used to mineralize the experimental units, the dose applied consisted of 3 t ha<sup>-1</sup>, in the same way a biofertilizer was developed taking advantage of the materials of the region. The treatments that were established included different doses of biofertilizer and a single dose of rock flour. At the end of the variable collection, the data was exported to perform the analysis of variance in the IBM \* SPSS Statistics version 22 program, under a randomized complete block statistical model with eight repetitions. The differences between the treatments were not significant, however, in the qualitative characteristics of the carrot at the time of harvest, numerical differences were observed in terms of longer foliage length and root weight in the treatments where more biol was applied and the addition of rock flour.

**Keywords:** Mineralization, biotechnology, chromatography Pfeiffer, natural agriculture.

## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas con la industrialización de la agricultura que se ha dado alrededor del mundo se han incorporado el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, insecticidas, herbicidas, fungicidas, bactericidas, etc., que, si bien favorecen la producción tienen efectos nocivos en el entorno natural, pero también en nuestra salud. El uso de fertilizantes sintéticos destruye la capa fértil de suelo, lo mineraliza, saliniza y disminuye su capacidad de retención de agua.

A pesar de la gran cantidad de agroquímicos que se emplean constantemente, es poco lo que se conoce sobre su toxicidad en los organismos, incluyendo al ser humano, así como el impacto ambiental global. A este respecto, los suelos que son la fuente generadora de los alimentos a nivel mundial, son vulnerables a los procesos de degradación, desertificación y su efecto en los ecosistemas que sustentan.

Ante este panorama es urgente transitar hacia nuevas formas de agricultura sostenible, ecológica u orgánica que salvaguarden la salud de los ecosistemas, los productores y consumidores.

Es importante que se favorezca el desarrollo de la agricultura orgánica en México pues se vincula con cuatro elementos importantes; los sectores más pobres del ámbito rural, los grupos indígenas y productores de escasos recursos; la producción sustentable de alimentos; la recuperación y conservación ecológica de los recursos naturales; y el mejoramiento de los ingresos y la calidad de vida de los productores.

Desde tiempos remotos en la agricultura se habla de aportar tres nutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales son muy importantes para el desarrollo de las plantas, dichos nutrientes han sido tomados de otros productos tanto químicos como orgánicos, esta práctica fue llevada a cabo en todo el mundo, sin tomar en cuenta que todos los nutrientes necesarios para los cultivos podían ser obtenidos naturalmente de las rocas mediante la re-mineralización del suelo. A partir de estos hallazgos las harinas integrales de las rocas molidas consolidaron la

base para la elaboración de los primeros fertilizantes utilizados en los cultivos y con ello garantizar la aportación equilibrada y suficiente de cada nutriente. Es muy importante dar a conocer que existen rocas en los ecosistemas naturales que contienen en su estructura elementos como: silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre, los cuales van a contribuir de manera eficiente para el desarrollo y crecimiento de los cultivos.

La interpretación del término biofertilizante es muy amplia, representando desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003).

La zanahoria (*Daucus carota* L.), es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. La producción de zanahoria en México supera las 334,000 toneladas. Guanajuato es el primer productor nacional de este vegetal, seguido de los estados de Puebla y Zacatecas. Su consumo se ha extendido ampliamente, ya que actualmente se encuentra disponible en los mercados durante todo el año. La parte consumida de la zanahoria es su raíz, de la que existen múltiples formas y sabores, es uno de los principales cultivos hortícolas debido a su gran contenido de carotenos (pro-vitamina A, B y C), carbohidratos y otros nutrientes. En los últimos treinta años el consumo de zanahoria ha adquirido mayor importancia debido a la creciente preferencia de consumir productos naturales, situación que abre nuevas perspectivas y oportunidades para crecer en superficie con este cultivo, por las tendencias a una vida más saludable.

En la actualidad no se cuenta con información suficiente sobre las dosis de aplicación de biofertilizante para el cultivo de zanahoria al aire libre, para la región es pertinente el abonado bajo esquema orgánico, el cual se caracteriza por excluir el uso de productos de síntesis química.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar dosis de harina de roca y biofertilizante para la producción de zanahoria a nivel de traspatio.

### **2.2. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la adición de harina de roca en el cultivo de la zanahoria a través de mediciones de emergencia y rendimiento del cultivo.

Evaluar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de biofertilizante a través de mediciones de crecimiento vegetativo y rendimiento de zanahoria.



### **III. HIPÓTESIS**

Agregar 20.6 g de harina de roca por cada planta, más 90 ml de biofertilizante por cada litro de agua aplicada en un metro lineal cada tres días, será la mejor combinación para una mayor producción de zanahoria orgánica a nivel traspatio.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Características generales del cultivo de zanahoria

#### 4.1.1. Origen

La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y de la zona este del Mediterráneo donde se puede encontrar de forma espontánea. Afganistán sería el centro de origen exacto, debido a la mayor diversidad de formas silvestres que se encuentran en ese país, y el resto de las áreas de la zona señalada serían centros secundarios de diversidad y domesticación. Fue cultivada y consumida desde la antigüedad por griegos y romanos. Los árabes, desde el norte de África, la llevaron a España desde donde fue introducida al resto de Europa. En el siglo XIV había llegado ya a Gran Bretaña, pero tendrían que pasar más de cien años para que el cultivo tomara cierta importancia. Durante estos años se cultivaban variedades moradas, blancas y amarillas. No fue hasta el siglo XVII que los horticultores holandeses produjeron una zanahoria anaranjada (precursora de nuestras variedades actuales) que contenía gran cantidad de caroteno y además retenía su color durante la cocción (Vidal *et al.*, 2017).

#### 4.1.2. Valor nutricional

Las cualidades nutritivas de la zanahoria (Cuadro 1) son importantes, especialmente por su alto contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por su elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas. Su color naranja característico se debe al alto contenido de beta-caroteno. Este tiene propiedades antibacteriales, antifúngicas y como fotoprotector; además es un componente que fortalece el sistema inmunológico (Northolt *et al.*, 2004).

**Cuadro 1. Aporte nutricional por cada 100 gramos de zanahoria**

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	88.6 gr.
Carbohidratos	10.1 g.
Lípidos	0.2 g.
Calorías	40 cal.
Vitamina A	2000-12000 UI
Vitamina B1	0.13 mg.
Vitamina B2	0.06 mg.
Vitamina B6	0.19 mg.
Vitamina E	0.45 mg.
Acido nicotínico	0.64 mg.
Potasio	0.1 mg.

Fuente: Fernández y Murillo (2005).

#### **4.1.3. Condiciones agroclimatológicas**

El cultivo de zanahoria tiene buenos rendimientos entre los 300 y los 2900 m. s. n. m., mientras se encuentre a una temperatura óptima entre 15° y 21° C, una mínima de 9° y máxima de 28° C. Su requerimiento hídrico es de 400 y 800 mm al año (Morales, 1995).

Los mejores suelos para cultivar zanahoria son los fértiles, ligeros, con pH de 5.5 a 6.8, aunque prospera hasta pH de 7.5, libres de piedras, ricos en materia orgánica, con buen drenaje, de textura franca, franco-arenosa o arcillo-arenosa. No son convenientes los suelos arenosos (retienen poco la humedad y oscilan mucho en su contenido de agua), ni los arcillosos (son muy compactos e impiden la formación normal de las raíces, saliendo estas deformadas, más cortas y con superficie rugosa). Los suelos bajos en materia orgánica deben ser enmendados con estiércol bien descompuesto. Deben evitarse los suelos que forman costras en la superficie, pues estas dificultan la nacencia de la plántula y luego limitan la aireación del suelo, produciéndose zanahorias pequeñas y con lenticelas grandes. El cultivo es medianamente tolerante a la salinidad. El buen drenaje es de suma importancia en la zanahoria (Morales, 1995).

#### **4.1.4. Exigencias Agroecológicas**

En el cultivo de la zanahoria las características idóneas de la raíz para obtener un producto comercial son obtener una buena coloración y que al tiempo de la cosecha se logren raíces de buena longitud, esto se alcanza siempre y cuando las temperaturas promedio no sean superiores a 28° C , las temperaturas elevadas promedio podrían precipitar los procesos de envejecimiento de la raíz y provocar la pudrición de raíces cortas. También es importante conocer las consecuencias si el cultivo está expuesto a temperaturas promedio bajas inferiores a 9° C, pues se pueden desarrollar raíces muy largas y provocar coloraciones pálidas. La temperatura es muy importante para el desarrollo óptimo del cultivo, de igual manera debe determinarse el requerimiento de agua en cada etapa fenológica de la zanahoria pues es fundamental para alcanzar el mayor rendimiento del cultivo (Ávila, 2015).

#### **4.1.5. Descripción botánica y morfológica**

La especie es herbácea, y según las épocas puede comportarse como anual o bianual; cuando anual presenta su fase vegetativa y reproductiva en el mismo año corriente, mientras que las bianuales presentan su fase vegetativa en un año y la fase reproductiva en el siguiente (Gaviola, 2013).

El tallo al inicio del ciclo vegetativo es visible a ras del suelo. Enseguida una vez que comienza el ciclo reproductivo, el tallo se alarga y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. Por otro lado las hojas son pubescentes, con segmentos lobulados. Otra característica en los peciolo es que son largos expandidos en la base, los cuales aparecen 1 o 2 semanas después de la germinación. En cuanto a la raíz, su forma se diferencia entre redonda y cilíndrica; el diámetro varía entre 1 a 10 cm, dependiendo de la variedad. Al igual hay diversidad en la longitud, la cual puede llegar a ser entre 5 y 50 cm. En las flores los principales atributos es que son pequeñas, blancas y hermafroditas, y formadas por umbelas compuestas. Para las semillas se encuentra una variación en el peso entre 0,8 6 3 gramos por cada 1000 semillas (Gaviola, 2013).

#### **4.1.6. Características físico-químicas y organolépticas**

Propiedades físico-químicas: la zanahoria se destaca por su alto contenido de carotenos, en especial de provitamina A. Aproximadamente el 90% de su peso corresponde a agua. Es un tubérculo hipocalórico que le puede aportar a una dieta normal hasta el 40% de calorías (Kehr y Bórquez, 2010).

Propiedades organolépticas: coloración naranja brillante, homogéneo, con formas que van desde la cilíndrica hasta la redonda, De consistencia firme (Kehr y Bórquez, 2010).

#### **4.1.7. Ciclo fenológico del cultivo**

La zanahoria se clasifica como anual o bianual, existiendo la de tipo bianual la más común en la producción. Esta se desarrolla en dos etapas o ciclos: en el primero, “ciclo vegetativo”, donde se produce el follaje y la raíz se engrosa; durante el segundo, “ciclo reproductivo”, en esta etapa se originan los órganos reproductivos y se acaba de desarrollar el tallo. Comercialmente los dos ciclos se completan cuando el principal interés es obtener semillas. (Morales, 1995).

La fase vegetativa donde se lleva a cabo el desarrollo de raíces absorbentes y hojas se genera el crecimiento en longitud de la raíz, llegando a obtener al final de esta etapa el 80% de la longitud total del producto. Durante el engrosamiento de la raíz se acumulan carbohidratos y mientras las hojas permanezcan en la planta este proceso no se detendrá, dando como resultado la tuberización, la cual empieza en la parte alta del cáliz y termina en la punta. En la fase reproductiva la zanahoria es inducida a la floración cuando se presenta una acumulación de horas frío (temperaturas inferiores a 10°C). Esto sucede cuando la planta tiene entre 50 y 70 días en plantas anuales (Morales, 1995).

## **4.2. Actividades del cultivo**

### **4.2.1. Establecimiento del cultivo**

El cultivo de zanahoria y su rendimiento están determinados tanto por las condiciones climáticas, variedad elegida y por el manejo del cultivo. Esta interacción permite el adecuado desarrollo de la raíz y promueve la expresión del potencial genético para cada zona específica (Gaviola, 2013).

### **4.2.2. Propagación**

En cultivo de la zanahoria pertenece al reducido grupo de hortalizas que se reproduce de manera sexual mediante siembra directa en campo desde semilla, esto se debe a que el trasplante de plántulas no soporta el estrés (Bolaños, 1998).

### **4.2.3. Preparación del terreno y siembra**

Los buenos rendimientos con alta calidad de la producción dependen, entre otros condicionantes, de una correcta preparación del suelo a término. La preparación del terreno tiene varias etapas, que incluyen la incorporación de rastrojo, la descompactación del suelo (para mejorar la aireación de suelo y el contenido de humedad), la nivelación del suelo para mejorar la eficiencia de riego (especialmente en riego por gravedad), la incorporación de fertilizantes y el control de las malezas. Para un buen establecimiento del cultivo y desarrollo de las raíces, tanto como para facilitar la cosecha, principalmente si es mecanizada, se deben evitar labores muy superficiales. Las operaciones de preparación del suelo deben permitir el crecimiento longitudinal de la raíz, debiendo realizarse a una profundidad acorde con la variedad y destino de la producción (Gaviola, 2013).

En el manejo de las plantas y en caso específico de la zanahoria es muy importante la conservación y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo a través del laboreo reducido, con ello aumentar los rendimientos del cultivo. León *et al.* (2013) realizaron un estudio para evaluar las profundidades de 30 y 20 cm, así como una siembra directa, en dichos tratamientos

no se demostró diferencias significativas en características físicas de la zanahoria, sin embargo destacan que la siembra directa es más económica y menos agresiva para el suelo.

#### **4.2.4. Mantenimiento del cultivo**

El raleo en el cultivo de la zanahoria es importante para retirar las plántulas que han germinado de más y dejar una planta cada 8 a 15 cm. Se llevan a cabo dos raleos cada 10 días iniciando 30 a 40 días posteriores a la siembra, esta labor se realiza manualmente con el suelo húmedo para prevenir causar algún daño en las plantas que quedan (Reina y Bonilla, 1997).

### **4.3. Plagas y enfermedades**

#### **4.3.1. Plagas y enfermedades que atacan al cultivo**

El Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), es un sistema dinámico orientado al monitoreo constante y programado de los cultivos por parte de los agricultores. No es un sistema rígido que se pretenda implantar dentro de las producciones, pues es más un modelo flexible en el cual se han de incluir las prácticas agrícolas de cada usuario. La meta es proveer un producto limpio e inocuo para el consumidor y esto se logra con monitoreos constantes para prever el ataque de plagas y enfermedades y así anticiparse a los incrementos críticos, logrando con esto mantener las poblaciones en niveles no perjudiciales. El MIPE está encaminado a conocer y comprender la dinámica poblacional de manera completa. Es por eso que no es una receta sino una metodología que debe adaptarse a cada situación. Consiste en ser proactivo en prevención, evitando convertirse en productores reactivos que recurran a usos irresponsables de los insumos agrícolas. (Romero, 2004).

#### **4.3.2. Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*)**

Las larvas de esta mosca ocasionan grandes daños en la raíz de la zanahoria, en donde se pueden generar de pudriciones y como consecuencia pierda su valor comercial. Para el manejo

y prevención de esta plaga se debe implementar una desinfección previa de suelo y semillas. Así mismo el uso de hojas de romero son útiles para repeler a los adultos e incluso intercalar las siembras de zanahoria con cebolla son otra alternativa para obtener el mismo resultado (Romero, 2004).

#### **4.3.3. Gusano blanco de la zanahoria (*Listroderes* sp)**

La presencia de esta plaga causa un daño a nivel de la raíz y el cuello de la raíz cuando el cultivo está iniciando, su principal comportamiento se observa en las hembras cuando ponen los huevos en el pie de la planta o en las hojas; posteriormente las larvas se alimentan del resto la planta. Para realizar un manejo de la plaga es necesario tratar el suelo con productos insecticidas antes de la siembra, así mismo para dar un manejo biológico se puede aprovechar el extracto de ruda, extracto de neem, hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*) y bacterias como *B. thuringiensis* (Romero, 2004).

#### **4.3.4. Manchas foliares (*Alternaria* sp.)**

La principal forma es la presencia de manchas en tejidos maduros, con lesiones irregulares y de color café oscuro; su reproducción puede realizarse rápidamente mediante la dispersión de sus esporas con el viento, el agua y las semillas. Para evitar su presencia es importante realizar la desinfección de suelo antes de la siembra (solarización, amonios cuaternarios, etc) y contar con semilla certificada. Si el cultivo lo requiere se deben realizar aplicaciones de fungicidas químicos; el caldo bordelés es un fungicida bio racionales muy utilizado en la agricultura orgánica. Aplicaciones preventivas de *Basillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, productos a base de levaduras, entre otros (Romero, 2004).

#### **4.3.5. Bacteriosis (*Erwinia carotovora*, *Xanthomonas carotae*)**

Es una bacteria que ingresa a la planta a través de heridas las cuales producen manchas amarillentas en las hojas que terminan necróticas; esta bacteria puede trascender a través de las semillas, pues en los residuos de la cosecha puede sobrevivir. Para evitar la presencia de dicha



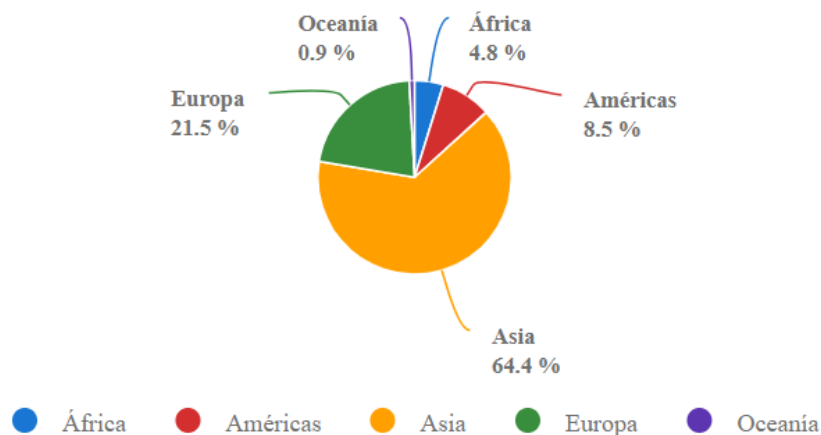
bacteria se debe evitar el exceso de humedad en el cultivo; agregar aplicaciones de bacterias como *B. subtilis* causara la disminuci3n de los in3culos de este pat3geno; de igual forma las plantas afectadas se deben eliminar y tratando el suelo con productos bactericidas como el amonio cuaternario o el Iodo (Romero, 2004).

#### **4.3.6. Control de malezas**

Las plantas de zanahoria no tienen buena capacidad para competir contra las malezas. Algunos agricultores dejan crecer las malezas durante la emergencia y el per3odo de establecimiento del cultivo, bajo el supuesto que sirven de protecci3n a las pl3ntulas de zanahoria reci3n emergidas. Sin embargo, al tener este cultivo una baja capacidad de competencia en las primeras etapas, el control tard3o de malezas provoca que el n3mero de plantas resulte bajo y que el crecimiento sea lento, afectando directamente el rendimiento y la calidad a cosecha (Gaviola, 2013).

#### **4.4.Importancia del cultivo de zanahoria en el mundo**

El cultivo de zanahoria ha experimentado un importante crecimiento en los 3ltimos a3os, tanto en superficie, como en producci3n, ya que se trata de una de las hortalizas m3s producidas en el mundo. Asia es el mayor productor seguido por Europa y Am3rica. En estas regiones se comprende que producen el 94.4 % de la producci3n mundial, como se muestra en la figura 1. La producci3n de zanahoria para el a3o 2017 fue de 42, 831,958 toneladas en un 3rea de cosecha de 1, 147,155 ha (FAO, 2017).



**Figura 1. Producción de zanahoria por regiones**

Fuente: FAO (2017).

#### 4.5. Panorama de la producción de zanahoria en México

La producción total de zanahoria en México en el año 2017 fue de 334,014 toneladas en una superficie de 11,504 hectáreas (FAO, 2017).

De acuerdo a los datos oficiales del SIAP (2015), la producción de zanahoria en México en promedio es mayor en el ciclo primavera-verano con 62%, mientras que el 38% restante se genera en el otoño-invierno. Siete entidades federativas producen 67% de la producción nacional, entre las que destacan: Sinaloa con 19%, Jalisco 10%, Zacatecas 9% y México 8%. La zanahoria se produce todo el año, pero en los meses mayo, agosto septiembre y octubre se genera 46% de la producción nacional.

#### 4.6. Biotecnología en el sector agroalimentario

El uso de la tecnología en la agricultura no es algo nuevo. Durante miles de años, el hombre ha manipulado plantas y animales, seleccionando preferencias por razas o tipos produciendo así plantas y animales más productivos. Durante los últimos años, los alimentos producidos con biotecnología moderna parecen estar despertando preocupaciones, particularmente las cosechas a través de la ingeniería biológica. Todas las promesas ofrecidas por la agricultura biotecnológica traen consigo una serie de preguntas. Puede decirse, que es probablemente

imposible diferenciar un alimento producido bajo procedimientos normales de aquellos que han sido genéticamente modificados de alguna manera u otra (Parks, 2005).

Bravo (2013), define que un objetivo de la biotecnología en conjunto con la agroecología es la disminución del uso de agroquímicos como herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y fertilizantes. También busca disminuir o evitar el monocultivo, hacer un uso sustentable de recursos naturales y disminuir el efecto de la agricultura sobre la biodiversidad que existe en un lugar determinado. En la agroecología se pretende adaptar las tecnologías agrícolas a las constricciones ecológicas de las regiones, apoyándose en la diversidad biológica (desde genes hasta ecosistemas) para desarrollar tecnologías agrícolas sostenibles.

Uno de los principales sectores de aplicación de la biotecnología en el mundo se concentra en la cadena de producción primaria y transformación de productos agrícolas. La producción está determinada por condiciones de fertilidad natural y fertilización de suelos, disponibilidad de agua, calidad y función de semillas, dichos factores determinan que el cultivo se establezca (Trejo, 2010).

Durante la fase de producción, el cultivo se orienta, se regula cuidadosamente a través del manejo agronómico, que a través de fertilización regulada, riego adecuado, control de plagas y enfermedades, posibilita la producción en alto rendimiento, de frutos, flores, semillas o granos, ya sea para consumo humano directo, o para consumo animal, o bien como materia prima para la producción de otros productos derivados de su industrialización (Trejo, 2010).

#### **4.7. Fertilizantes orgánicos**

En las últimas décadas, la agricultura se ha apoyado principalmente en tres diferentes minerales: nitrógeno, potasio y fósforo, conocido como NPK. Este proceso de la agricultura “moderna” fue promovido en todo el mundo cuando en realidad, teníamos a nuestro alcance un amplio espectro de minerales que nos podían suministrar naturalmente las rocas a través de la re-mineralización del suelo. Las harinas integrales de rocas molidas fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las

plantas. Muchas rocas contienen minerales de alta calidad para la elaboración de las harinas de rocas, ricas en elementos necesarios como el silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre (Restrepo, 2007).

La agricultura orgánica se basa en producir alimentos libres de agroquímicos y asegurar un equilibrio ecológico que proteja la fertilidad y salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo, es muy importante llevar a cabo prácticas agrícolas que nos den como resultados la reintegración de elementos y minerales vivos como microorganismos, bacterias benéficas y hongos, los cuales van a contribuir a sustentar la vitalidad del suelo para que los cultivos tengan un buen desarrollo y crecimiento (Gutiérrez *et al.* 2008).

En casos de deficiencias, las plantas presentan características de sintomatología de amarillamiento, defoliación, estancamiento en el crecimiento y baja producción, además de vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades debido al desequilibrio nutricional de las plantas. De allí que, el manejo orgánico del suelo y un conjunto de prácticas que propicien condiciones para un desarrollo sano, son el mejor control para los problemas de plagas y enfermedades (Félix *et al.* 2008).

La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande (Ramos y Alfonso, 2014).

#### **4.7.1. Biofertilizante**

El biol es un abono orgánico líquido obtenido de la fermentación anaeróbica de estiércoles de animales domésticos, enriquecido con follajes de plantas que aportan nutrientes o alguna acción de prevención contra plagas y enfermedades. Este abono se puede utilizar como inoculante y repelente de ciertas plagas. El uso del biol promueve la actividad fisiológica estimulando el crecimiento vegetativo de las plantas cultivadas (García y Félix, 2014).

Es rico en fitohormonas, un componente que mejora la germinación de las semillas, fortalece las raíces y la floración de las plantas. Su acción se traduce en aumentos significativos de las cosechas a bajos costos (Arana, 2011).

Las principales ventajas del biol es que no es tóxico, no contamina el medio ambiente por ser un abono que se obtiene de productos sanos y saludables, tiene bajo costo de producción, se logran incrementos de hasta el 30% sin utilizar fertilizantes químicos, mejora el vigor de los cultivos y le permite soportar con mayor eficiencia los ataques de plagas y enfermedades, es de rápida absorción para las plantas por su alto contenido de hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitaminas. La única desventaja que tiene es que el periodo de elaboración es de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar la producción y poder utilizarlo durante la campaña agrícola (Arana, 2011).

#### **4.7.2. Harinas de roca**

Las harinas integrales de rocas molidas preparadas a base de salitres, guanos, ostras, fosforitas, apatitas, granitos, basaltos, micaxistos, serpentinitos, zeolitas, marmolinas, bauxitas, etc., fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura, representando los elementos minerales esenciales para el equilibrio nutricional de las plantas a través del suelo. Por ejemplo, los serpentinitos, los micaxistos y los basaltos, son rocas de alta calidad para la elaboración de las harinas de rocas, ricas en más de setenta elementos necesarios para la alimentación y al mantenimiento del equilibrio nutricional de la salud de las plantas, aves y animales, entre los cuales destacamos estos elementos: silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre (Restrepo, 2007).

Por otro lado, la utilización de las técnicas biológicas o biotecnológicas de las fermentaciones nos permite, con mucha facilidad, la preparación y la aplicación foliar de forma eficiente de la harina de rocas minerales para corregir los desequilibrios nutricionales que provocan ataques de insectos y enfermedades en los cultivos, eliminándose así, con esta práctica, la utilización de fertilizantes altamente solubles y venenos que intoxican y matan a los agricultores (Restrepo, 2007).

#### **4.8. Producción de zanahoria con abonos alternativos**

Agbede *et al.* (2017) presentan los resultados de dos años con zanahoria en la zona de transición de bosque-savana en Nigeria, donde aplicaron diferentes dosis de composta de estiércol de aves comparándose con  $300 \text{ Kg ha}^{-1}$  de 15-15-15 (N-P-K); el estiércol de ave mejoró las características físicas del suelo, además se exhibió un mayor crecimiento y rendimiento del cultivo que con fertilización química. Los autores concluyeron que especialmente a  $20 \text{ ton ha}^{-1}$  de estiércol de aves compostado, se puede utilizar como un sustituto del fertilizante NPK para la producción de zanahorias en cualquier suelo tropical degradado. Existen cada vez más evidencias de investigación en las cuales se demuestra la paridad de resultados en crecimiento y producción de cultivos cuando se usan fertilizantes convencionales y abonos alternativos.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización

El experimento fue realizado en un sitio a la intemperie dentro de la Facultad de Ingeniería Agrohídrica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en San Juan Acateno, sobre las siguientes coordenadas, Latitud Norte 19°58'12'' Latitud Oeste 97°18'54'' a una altura sobre el nivel del mar de 1677m (INEGI, 2018).

### 5.2. Obtención de las harinas de roca

Se colectaron dos clases de harinas de roca en los siguientes sitios: la primera en el talud de un cerro de arenisca en la colonia San Juan Tezongo municipio de Teziutlán, Puebla y la segunda se tomó en los manantiales de Chignautla, Puebla específicamente en un canal de 70 cm de angosto que lleva agua con una profundidad de 28 cm; se usó una pala que se metió en el fondo de dicho canal a 8 cm aproximadamente como máximo para recolectar las arenas depositadas en dicho canal.

### 5.3. Preparación de las harinas de roca

Se midieron volúmenes de 10 L de cada una de las dos clases de arenas (Figura 2), después se homogeneizaron y luego se cribaron con malla de 0.3 mm x 0.3 mm. Este material es el que se usó para mineralizar las unidades experimentales que llevaron harinas de rocas, la dosis aplicada consistió en 3 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2. Harinas de roca previas a la homogenización para mineralizar las unidades experimentales**

#### **5.4. Preparación del biofertilizante**

Se elaboró biofertilizante en una cubeta fermentadora de 19 litros aprovechando los materiales de la región, el biol se realizó considerando como base la metodología propuesta por Arana (2011) y para lo cual se incluyeron los siguientes materiales: 1 litro de leche, 2 cucharadas soperas de levadura, 2 kg de estiércol de ganado vacuno, 200 gramos de ceniza, 120 g de manzanilla fresca, 50 g de cola de caballo, 350 g de hoja de maguey y agua la necesaria para homogeneizar todos los materiales (Figura 3).

Todos los insumos se agregaron en el balde para conseguir una mezcla homogénea, en cuanto a las plantas se trituraron en pequeñas partes para que su descomposición fuera más rápida, el recipiente fue tapado con mucho cuidado, procurando que no tuviera fugas. Para evitar que los gases del proceso de descomposición destaparan el balde, se colocó una manguera en la tapa que fue conectada a una botella de plástico con agua y por dicha manguera se pudieran liberar los productos gaseosos de la fermentación, a los 30 días de fermentación se utilizó para realizar las aplicaciones (Arana, 2011).





**Figura 3. Insumos para la elaboración de biol**

### **5.5. Muestreo de suelo**

Para tener datos cualitativos de la condición del suelo del experimento, se tomaron muestras de suelo de 0 a 30 cm. Se tomó una muestra compuesta de todo el experimento a partir de cuarenta puntos aleatorios antes de la siembra, este material se homogeneizo y se dejó secar a la sombra, también se almaceno para hacer las cromatografías al final de experimento. Al momento del muestreo vegetal para cuantificación de rendimiento de raíz, se tomaron muestras compuestas dentro de cada unidad experimental para posteriormente secarlas a la sombra previa homogeneización. Se realizaron cromatogramas de las muestras del suelo inicial y final con los mismos reactivos preparados considerando la metodología de Restrepo y Pinheiro (2011).

### **5.6. Preparación del suelo**

El desarrollo del cultivo de zanahoria depende de una buena preparación del suelo, en primer lugar se distribuyeron las camas en la superficie destinada y sobre cada cama se realizó la preparación del suelo. Las camas tuvieron las siguientes dimensiones, 20cm de ancho por 8 metros de longitud. Se aplicó la doble excavación, puesto que la tierra suelta y fértil permite que las raíces penetren fácilmente y que una corriente continua de nutrientes fluya hacia el tallo y las hojas.

### 5.7. Siembra del cultivo de zanahoria

La siembra se llevó a cabo de manera directa con una tabla preparada para dicho fin (Figura 4), entre plantas hubo una distancia de 6.5 cm, para lograr 15 plantas por metro lineal, la separación entre hileras fue de 1m en promedio, con ello se pudo obtener una densidad de plantación de 145,620 plantas ha<sup>-1</sup>.



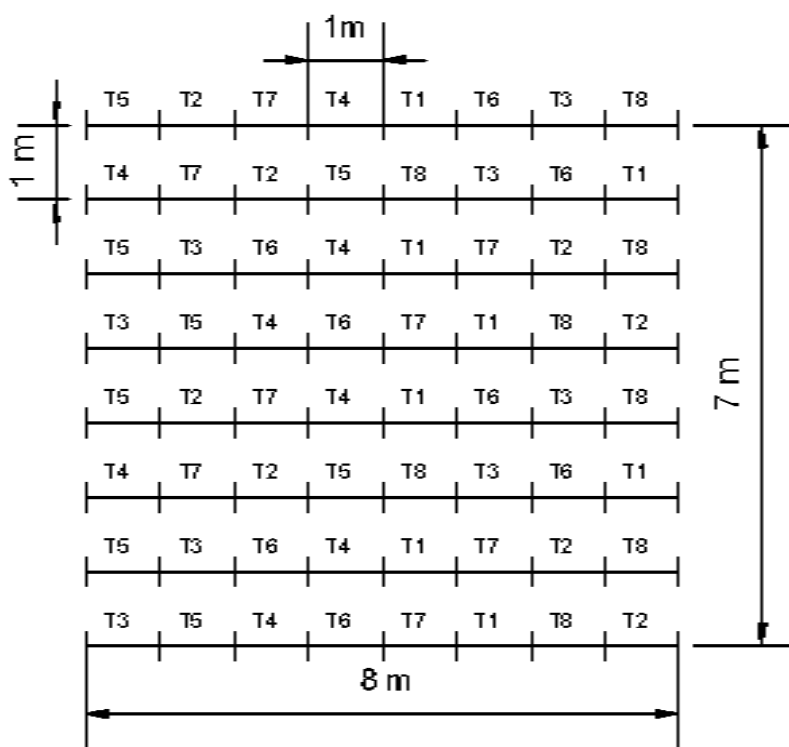
**Figura 4. Sembrador de madera para zanahoria**

Para lograr la emergencia de las plántulas se colocaron 6 semillas en cada 6.5 cm, a una profundidad de 5 mm, posteriormente se aplicó una capa de tierra sobre las semillas para cubrirlas.

### 5.8. Diseño experimental

El diseño del experimento fue en bloques completos al azar, cada uno tuvo 8 repeticiones, estas repeticiones son cada uno de los renglones y se numeraron de forma ascendente (Figura 5). La parcela útil estuvo compuesta de 15 matas. Los datos que se

registraron para el análisis se obtuvieron de diferente número de individuos según cada variable.



**Figura 5. Distribución de los tratamientos**

Los tratamientos que se establecieron en el presente experimento se realizaron con diferentes dosis de biofertilizante y una dosis única de harina de roca para mineralizar el suelo de las unidades experimentales.

T1. Testigo (sin harinas de roca ni biofertilizante)

T2. 300 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua

T3. 600 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua

T4. 900 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua

T5. Mineralización con 309 gramos de harinas de roca

T6. 300 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua más mineralización con 309 gramos de harinas de roca

T7. 600 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua más mineralización con 309 gramos de harinas de roca

T8. 900 ml de biofertilizante por cada 10 L de agua más mineralización con 309 gramos de harinas de roca

## **5.9. Variables evaluadas**

### **5.9.1. Porcentaje de emergencia**

Para el registro de este dato se tomó en cuenta la cantidad total de semillas sembrada en cada unidad experimental como el 100% y se determinó la emergencia con el dato correspondiente a las plántulas emergidas a los 39 días después de la siembra (Figura 6). Al valor obtenido se le hizo una transformación de raíz cuadrada previo a el análisis de varianza para que distribuir los valores a una curva normal.



**Figura 6. Emergencia de plantas de zanahoria**

### **5.9.2. Altura de planta a la cosecha**

Este valor se midió en tres plantas con competencia completa dentro de cada unidad experimental (Figura 7), se midió con un flexómetro y se anotó los milímetros que tuvo cada planta a la cosecha pero antes de retirar la planta del suelo para evitar que hubiera errores debido al marchitamiento por desarraigo. De estas tres lecturas se obtuvo un promedio el cual se utilizó para realizar el análisis de varianza.



**Figura 7. Selección de planta más alta por unidad experimental para su toma de medida**

### **5.9.3. Longitud de raíz a la cosecha**

La longitud es desde la zona de cuello de la planta, es decir encima de corona y hasta el ápice radicular no se consideraron en la medición los pelos absorbentes. Se tomaron en tres plantas con competencia completa dentro de cada unidad experimental (Figura 8). Se obtuvo el promedio y es éste valor el que fue analizado estadísticamente. El dato se registró en milímetros y se tomó inmediatamente después de sacar la raíz, y sin que ésta llevara suelo adherido; los frutos se limpiaron con la mano y una franela.



**Figura 8. Longitud de raíz de tres plantas por cada unidad experimental**

#### 5.9.4. Peso de follaje a la cosecha

Inmediatamente después de la cosecha se pesaron los follajes de las tres plantas a las cuales se les midió la altura (Figura 9); la lectura se tomó en gramos con una báscula digital y posteriormente se obtuvo el promedio y fue este dato el que alimentó la base de datos.



**Figura 9. Peso de follaje de tres plantas de zanahoria**

#### 5.9.5. Peso de raíz a la cosecha

Posterior a la medición de longitud de raíces, se pesaron con una báscula digital (Figura 10); la lectura se tomó en gramos y posteriormente se obtuvo el promedio, el cual alimentó la base de datos para el correspondiente análisis de varianza.



**Figura 10. Peso de raíz de zanahoria por cada unidad experimental para su análisis**

### 5.9.6. Cromatogramas Pfeiffer

No se consideró como variable sujeta a análisis estadístico, pero se realizaron dichos cromatogramas a las muestras de suelo tomadas antes del bioensayo y después del mismo para tener referencias cualitativas de lo que ocurrió en la zona adyacente a las raíces del cultivo de acuerdo a la metodología descrita por Restrepo y Pinheiro (2011).

Las muestras de suelo se secaron a temperatura ambiente y a la sombra, posteriormente se tamizaron con un colador (uso doméstico) y se guardaron envueltas en papel y este en bolsas de plástico para conservarlas secas.

Para la realización de los cromatogramas se llevó a cabo en primer lugar la preparación de papel filtro:

**Paso 1.** Con un clavo y una regla se perforaron tres veces cada papel filtro WHATMAN™ (número 1) de 15 cm de longitud el primer orificio en el centro de 2 mm aproximadamente, a los 4 cm y 6 cm se volvió a perforar orificios más pequeños, de tal manera que nos quedaron tres orificios en cada papel filtro.

**Paso 2.** Se elaboró una cuadrícula de 2 cm x 2 cm en un papel filtro WHATMAN™ (número 4) de 15 cm de longitud y se hicieron pabilos que impregnaron por capilaridad los filtros con nitrato de plata y la solución del suelo.

Para la preparación de soluciones para la corrida se realizaron los siguientes pasos:

**Paso 1.** Se pesaron 10 g de hidróxido de sodio MACRON® (NaOH) y se disolvieron en un recipiente color ámbar con agua destilada hasta completar un litro, obteniendo así una solución de hidróxido de sodio al 1 %.

**Paso 2.** Con una balanza digital granataria se pesó de cada muestra de suelo, 5.0 g y 1.25 g y se agregaron en un vaso de unicel (número 8) con 50 mL de solución de NaOH para realizar dos cromatogramas de cada una de los 8 tratamientos.

**Paso 3.** Se disolvieron 0.5 g de nitrato de plata J T BAKER® (AgNO<sub>3</sub>) en agua destilada hasta completar 100 mL, obteniendo una solución de nitrato de plata al 0.5 %.

Enseguida se realizó la corrida de los cromatogramas con el siguiente procedimiento:

**Paso 1.** En cajas Petri limpias y secas se vertió nitrato de plata al 0.5 % de manera que cubrió solo la base del recipiente, se procedió a impregnar el papel filtro WHATMAN™ (número 4) previamente preparado con los orificio y se colocó cuidadosamente un pabilo en el centro, se colocó sobre la solución de nitrato de plata y se impregno de solución hasta la marca de los 4 cm, después de impregnar se procedió a retirar cuidadosamente el pabilo, y el papel impregnado se colocó en un lugar oscuro y seco para el secado del papel.

**Paso 2.** Las muestras de suelo en solución de hidróxido de sodio se agitaron siete veces a la izquierda y siete veces a la derecha hasta contar 49 giros. Se dejaron reposar por 15 minutos, a partir de los cuales se repitió la misma operación de agitación, posteriormente se dejaron reposar una hora y repetiremos la misma operación dejando en absoluto reposo por seis horas.

**Paso 3.** Se realizó la extracción del sobrenadante de la muestra de la solución que reposó seis horas con una jeringa y se colocó en la caja Petri, posteriormente se sacaron los papeles WHATMAN™ (número 1) previamente impregnados con nitrato de plata y se les volvió a colocar cuidadosamente un pabilo a cada uno, se colocó el papel sobre el recipiente y se impregno la solución en él, hasta llegar a la marca de los 6 cm, al llegar a esta marca se retiró el papel y se sacó el pabilo cuidadosamente, posteriormente se dejó secar a la luz para su revelación.

#### **5.9.6.1. Interpretación de los análisis cromatográficos**

En la interpretación de los análisis cromatográficos se identificaron las zonas o anillos, estos describieron las cualidades de las muestras corridas en los cromas de acuerdo con el método descrito por Restrepo y Pinheiro (2011).

#### **5.10. Análisis estadístico**

Los datos estadísticos fueron recabados en libreta de campo, luego se registraron en una hoja de Excel. Al finalizar la toma de variables, se exportaron los datos para realizar el análisis de varianza en el programa IBM\* SPSS Statistics versión 22, bajo un modelo estadístico de bloques completos al azar con ocho repeticiones.



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas significativas en ninguna variable estudiada, sin embargo, se desglosarán cada una de las gráficas, debido a que las diferencias encontradas nos dan información de cómo los tratamientos afectaron dichas variables y que en la realidad, aunque sean mínimas las diferencias numéricas, significan rendimientos mayores en la cosecha y por lo tanto un incremento en los posibles ingresos económicos.

### 6.2. Efecto del biofertilizante y harina de roca sobre la producción de zanahoria

Las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas, sin embargo, desde el punto de vista en cuanto a las características cualitativas de la zanahoria al momento de la cosecha se observaron pequeñas diferencias numéricas en cuanto mayor longitud y peso de follaje y raíz en los tratamientos donde se aplicó mayor cantidad de biol y la adición de harina de rocas, días antes de la cosecha.

Los resultados de los efectos de las alternativas de biofertilización sobre las variables relacionadas con la producción de zanahoria se presentan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Promedio del número de plantas de zanahoria emergidas (P Z E) y altura de planta (A P) en cada uno de los tratamientos**

Tratamientos	(P Z E)	(A P)
T1. Testigo (sin harinas de roca ni biol)	23	18.1
T2. 300 ml de biol por cada 10 L de agua	16	15.9
T3. 600 ml de biol por cada 10 L de agua	21	17.1
T4. 900 ml de biol por cada 10 L de agua	20	21.4
T5. Mineralización con 309 gr de harina de roca	19	21.6
T6. 300 ml de biol por cada 10 L de agua más 309 gr de harina de roca	21	18.0
T7. 600 ml de biol por cada 10 L de agua más 309 gr de harina de roca	13	17.4
T8. 900 ml de biol por cada 10 L de agua más 309 gr de harina de roca	17	18.3

El valor de **P Z E** se cuantificó a los 43 días después de la siembra.

El valor de **A P** se cuantificó a los 90 días después de la siembra.

### 6.3. Porcentaje de emergencia de plantas de zanahoria

En el cuadro 3, se concentran los resultados de la variable porcentaje de emergencia, donde el Análisis de Varianza (ANVA) no generó diferencias estadísticas significativas en la presente investigación.

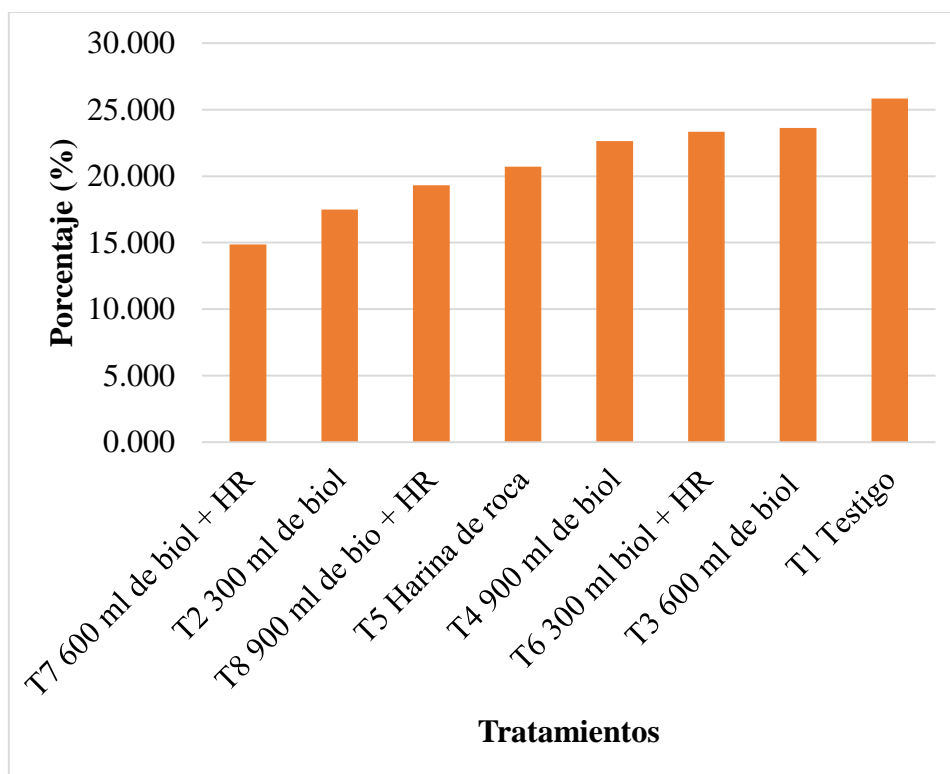
**Cuadro 3. Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para porcentaje de emergencia (%) de zanahoria**

Fuente de variación	S.C.	C.M.	S.E.
Tratamientos	729.984	104.283	0.21 (NS)
Bloque	679.002	97.000	
Error	3586.423	73.192	
Total	33160.640		

NS: No significativo estadísticamente  $P \leq 0.05$ )

El porcentaje de emergencia se tomó a los 39 días después de la siembra, el T1 (Testigo) presentó el 25.8% de emergencia, es decir, emergieron 22 plantas de zanahoria en cada una de las unidades experimentales de dicho tratamiento, le sigue el T3 (600 ml de biol) con 23.6% de emergencia, el T6 (300 ml de biol mas harina de roca) obtuvo 23.3% de emergencia, posteriormente el T4 (900 ml de biol) y T5 (harina de roca) con 22.6% y 20.7% respectivamente, los tratamientos con más bajos porcentajes fueron T8 (900 ml de biol mas harina de roca), T2 (300 ml de biol), T7 (600 ml de biol mas harina de roca) presentando 19.3%, 17.5% y 14.8% respectivamente (Figura 11).

De acuerdo con González *et al.* (2012) la emergencia de las plantas de zanahoria tolera un rango amplio de temperaturas, por lo que, su producción en algunas regiones es factible a lo largo del año. Temperaturas diurnas medias entre 15 y 21 ° C y noches frescas 7 ° C, son favorables tanto para el crecimiento del follaje y de raíces. Aunque las semillas pueden germinar entre 10 y 35 ° C, una emergencia rápida se produce entre 20 y 30 ° C.



**Figura 11. Porcentaje de emergencia en el cultivo de zanahoria a los 39 días después de la siembra**

#### 6.4. Longitud de follaje a la cosecha

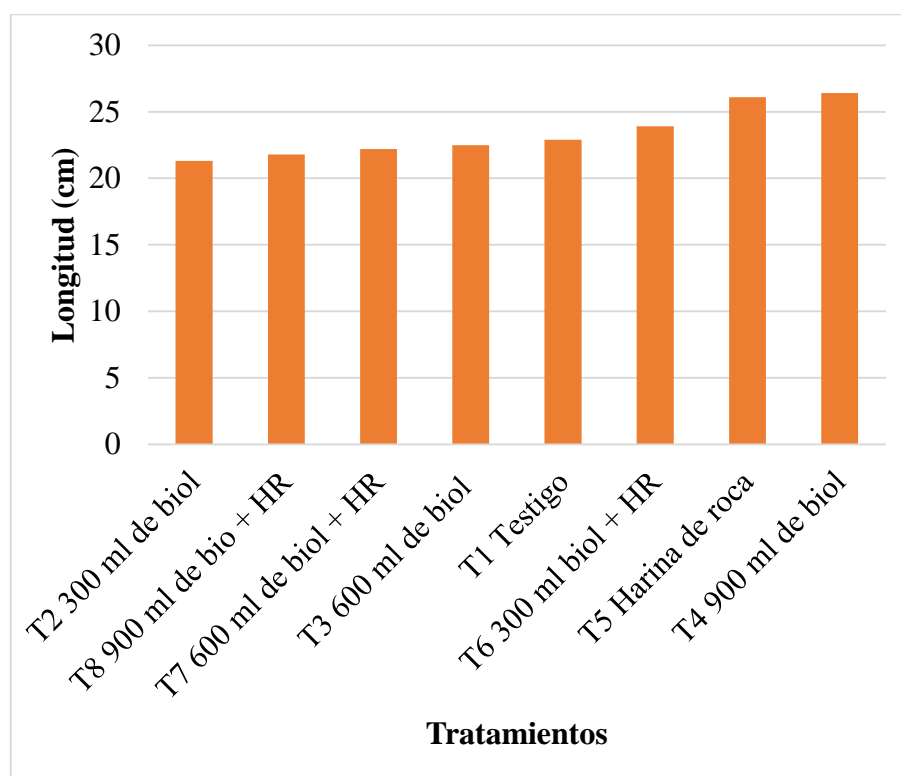
En el cuadro 4 se concentran los resultados de la variable longitud de follaje, donde el ANVA no generó diferencias estadísticas significativas en la presente investigación.

**Cuadro 4. Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para longitud de follaje de zanahoria (cm)**

Fuente de variación	S.C.	C.M.	S.E.
Tratamientos	2461.051	351.579	0.72 (NS)
Bloque	14700.524	2100.075	
Error	27218.581	555.481	
Total	297068.975		

NS: No significativo estadísticamente  $P \leq 0.05$ )

De acuerdo a las características cualitativas observadas en campo en el momento de la cosecha, lo cual fue a los 130 días después de la siembra, las plantas con mayor longitud de follaje se desarrollaron en T4 (900 ml de biol) registrando 26.4 cm, seguido por T5 (Harina de roca) con 26.1 cm, enseguida se encuentran T6 y T1 con una longitud de 23.9 y 22.9 cm respectivamente, y por ultimo siendo las longitudes más cortas el T3, T7, T8 y T2 (Figura 12).



**Figura 12. Longitud de follaje en zanahoria al momento de la cosecha**

De acuerdo con Vega *et al.* (2012), la zanahoria presenta su fase de crecimiento entre los días 39 a 60 después de la siembra, presenta el desarrollo de la parte aérea y de la raíz; la raíz crece en cuanto a la longitud y el desarrollo foliar es lento. La fase II es de crecimiento, va de los 61 a los 97 días, se menciona que hay aumento del diámetro de la raíz y del número de hojas. La etapa III se caracteriza por una disminución paulatina del desarrollo de la raíz y finalmente en la fase IV a partir de los 124 días después de la siembra, el crecimiento y desarrollo llega a un máximo y se está listo para la cosecha.

## 6.5. Longitud de raíz

En el cuadro 5 se concentran los resultados de la variable longitud de raíz al momento de la cosecha, donde el ANVA no generó diferencias estadísticas significativas en la presente investigación.

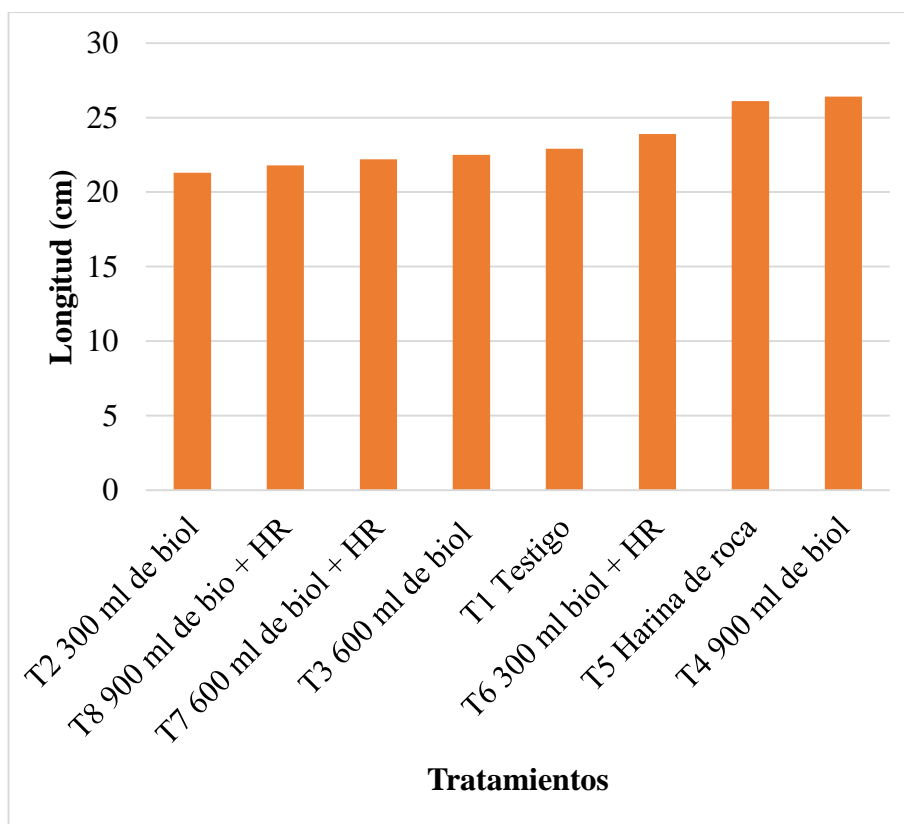
**Cuadro 5. Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para longitud de raíz (cm) de zanahoria**

Fuente de variación	S.C.	C.M.	S.E.
Tratamientos	619.210	88.459	0.68 (NS)
Bloque	3222.671	460.382	
Error	6285.364	128.273	
Total	69225.462		

NS: No significativo estadísticamente  $P \leq 0.05$ )

Los datos obtenidos en campo para la longitud de raíz en zanahoria dieron como resultado que T6 (300 ml de biol mas harina de roca) tuvo un promedio de 11 cm de longitud, le sigue T4, T8, T5 y T1, obtuvieron 10.2 cm, 10.1 cm, 10 cm, y 9.7 cm respectivamente, dando características similares en cuanto a la longitud medida, posteriormente se encuentran los tratamientos, T2, T3 y T7 registrando 9.4 cm, 8.9 cm y 9.1 cm respectivamente (Figura 13).

Durante el engrosamiento de la raíz es notable la actividad del cambium secundario, cuya iniciación es vital para el desarrollo del cultivo pues aporta asimilados y reguladores de crecimiento los cuales provienen de las hojas de acuerdo con Benjamin *et al.* (1997). Las raíces logran su peso máximo a los 120 días después de la emergencia (dde), los siguientes 30 días es evidente un aumento pequeño e irregular, lo cual indica que el patrón del crecimiento relativo empieza a variar entre los 105 y 120 dde según las descripciones de Stanhill (1977) y Suojala (2000).



**Figura 13. Longitud en raíz de zanahoria tomada en la cosecha**

### 6.6. Peso de raíz

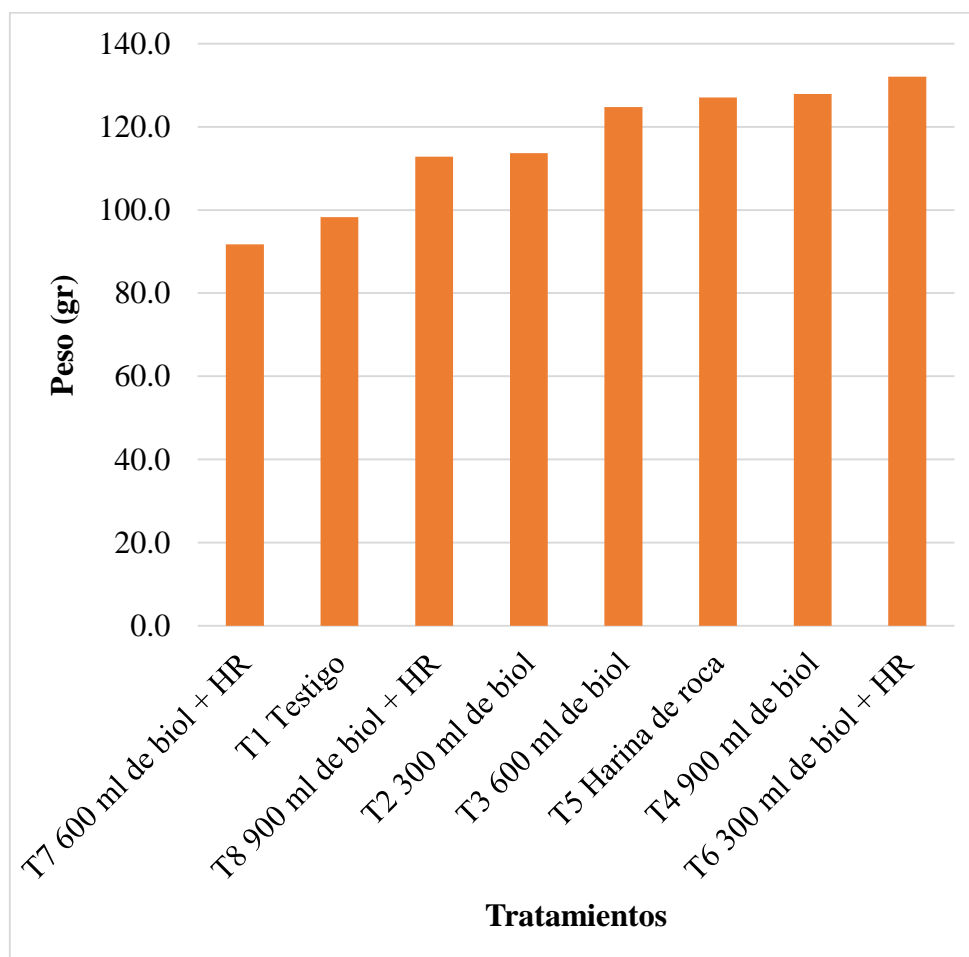
En el siguiente cuadro 6 se concentran los resultados de la variable peso de raíz al momento de la cosecha, donde el ANVA no generó diferencias estadísticas significativas en la presente investigación.

**Cuadro 6. Suma de cuadrados (S.C.), cuadrados medios (C.M.) y significancia estadística (S.E.) para peso de raíz (g) de zanahoria**

Fuente de variación	S.C.	C.M.	S.E.
Tratamientos	12134.3	1733.4	0.33 (NS)
Bloque	68356.9	9765.2	
Error	72315.1	1475.8	
Total	1014709.7		

NS: No significativo estadísticamente  $P \leq 0.05$ )

Los datos obtenidos para el peso de raíz en los tratamientos se muestran en la siguiente figura 14, donde se puede observar que el T6 tiene un peso promedio de 132 gramos, en forma decreciente se encuentran los tratamientos, T4, T5, T3, T2, T8, T1 y T7, obteniendo los siguientes pesos de raíz, 127.9, 127, 124.7, 113.6, 112.8, 98.2 y 91.7 gramos respectivamente.



**Figura 14. Peso promedio de raíz de zanahoria al momento de la cosecha**

De acuerdo con estudios de Vega *et al.* (2012) durante los primeros 50 días la raíz aumenta rápidamente en longitud, ese crecimiento es significativamente más rápido que el incremento de peso, esto se debe a que la acumulación de materia seca en la raíz es un proceso lento al inicio del desarrollo, pero enseguida del primer tercio del ciclo la raíz comienza a aumentar su peso de forma constante lo cual indica que el producto tendrá el peso adecuado al llegar a la cosecha. Cerca de la cosecha la tasa de ganancia de peso de la raíz disminuyó.

## 6.7. Análisis de cromatogramas Pfeiffer

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en la muestra de suelo tomada antes de iniciar el experimento y en cada uno de los tratamientos con la concentración de 1.25 gramos de suelo, en cada uno de los cromatogramas se encontraron pequeñas diferencias cualitativas.

En la figura 15 podemos observar que el cromatograma muestra suficiente materia orgánica, la cual corresponde al área café oscuro flanqueado hacia el centro por el área de minerales (gris) y por el espacio hacia afuera en color café claro (zona proteica). El espacio donde se realizó el experimento a estado libre de productos agroquímicos durante 15 años, excepto los que pudieran estar presentes por lixiviación o por arrastre de las aplicaciones hechas en un macrotúnel aguas arriba a escasos 5 metros de distancia., en la primera zona del cromatograma se encuentran bordes bien definidos los cuales se conectan a la siguiente zona, esto quiere decir de acuerdo con Restrepo y Pinheiro (2011) que el suelo no cuenta con los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de algún cultivo.

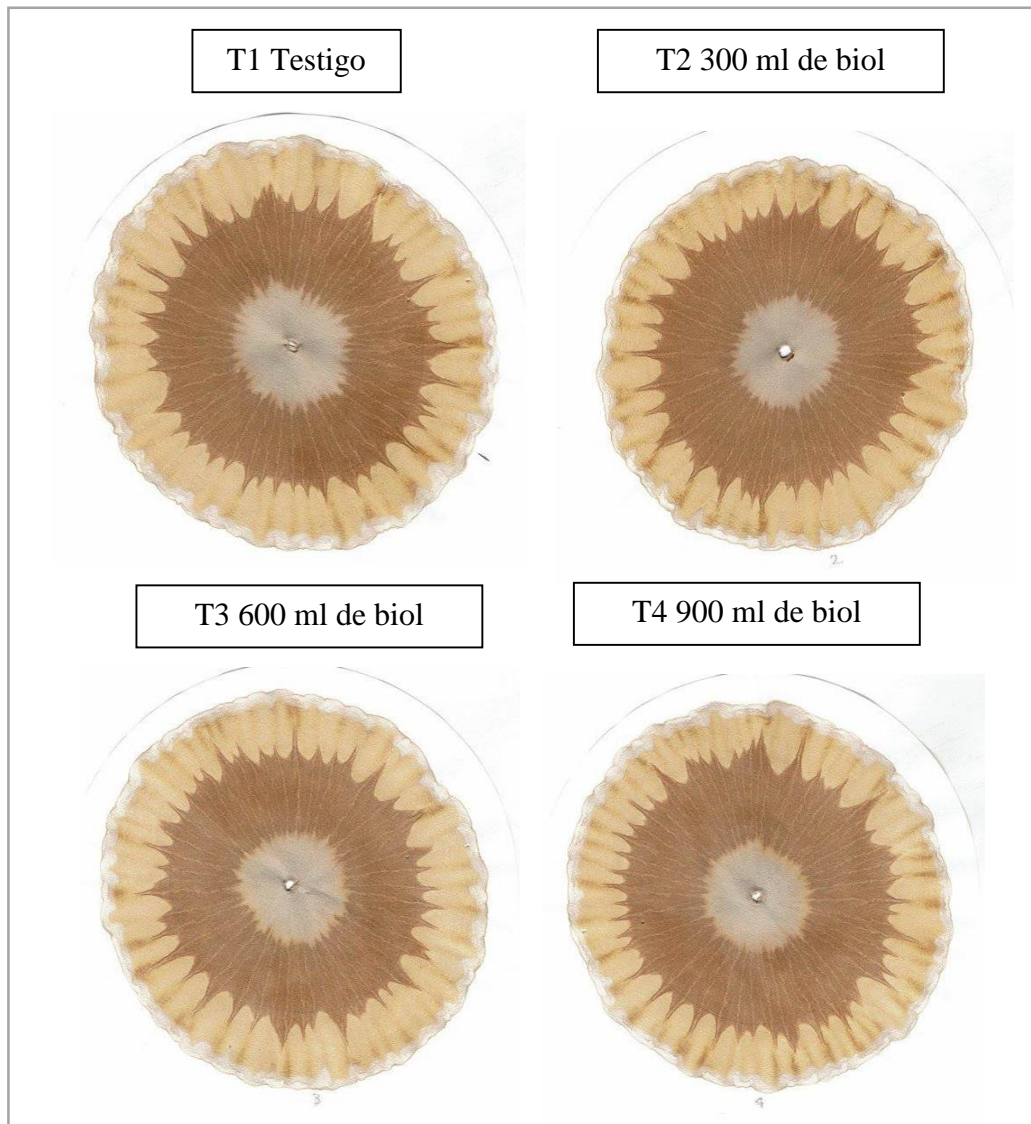
Por lo anterior se puede concluir que las condiciones de terreno, tipo de suelo no fueron las óptimas, de igual manera los factores como sombra, lluvias abundantes y bajas temperaturas afectaron considerablemente el desarrollo del cultivo.



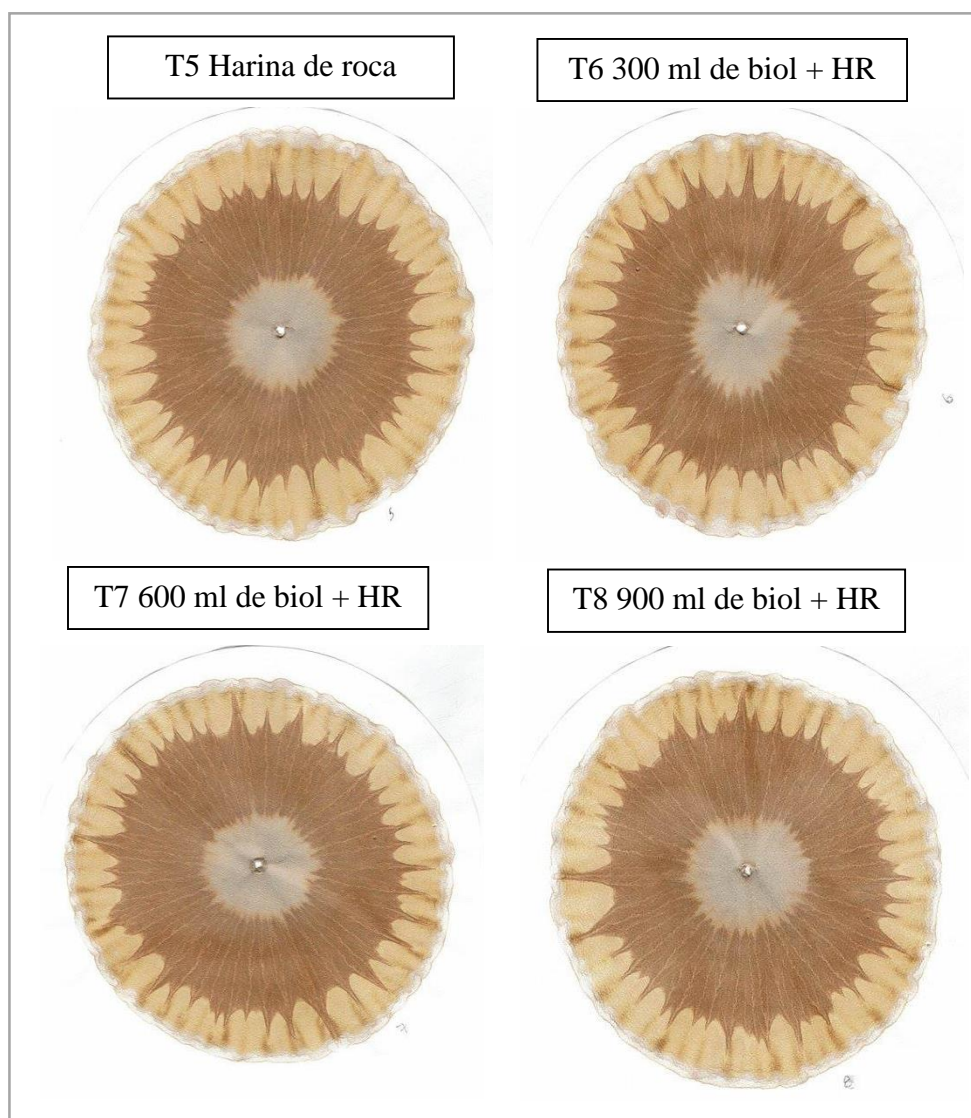
**Figura 15. Cromatograma de muestra tomada antes de iniciar el experimento**



En la figura 16 se encuentran los cromatogramas que describen el estado del suelo al finalizar el experimento en el testigo y donde se aplicaron 300, 600 y 900 ml de biol, se pudo observar que cuentan con características similares, en donde sus zonas centrales muestran bordes ligeramente definidos los cuales se desvanecen para integrarse a la zona interna, en donde también se pueden conocer los impactos positivos que un suelo en recuperación muestra con las prácticas de la agricultura orgánica que se estén implementando en él. El color de esta zona debe presentarse de manera uniforme y puede o no tener conexión con la siguiente zona, lo cual indica que la presencia de materia orgánica está funcionando de manera armónica con todos los elementos presentes en el suelo.



En la figura 17 se encuentran los cromatogramas correspondientes a los tratamientos en donde se aplicaron las diferentes dosis de biol y también una dosis única de harina de rocas, se puede observar que cuentan con buena comunicación entre zona mineral y proteica mediante haces con buena amplitud; características similares, de acuerdo a la descripción de Restrepo y Pinheiro (2011) a suelos ricos en materia orgánica, que han sido tratados con estiércoles y donde se han cultivado hortalizas de manera orgánica.



## VII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en cada una de las variables apuntaron que, la mayor cantidad de biol más harina de roca no fue el mejor tratamiento, pues en variables como porcentaje de emergencia el tratamiento con mayor número de plantas emergidas fue el testigo, en longitud de follaje y de raíz el T4 (900 ml de biol) dio como resultado las longitudes más largas, en peso de raíz el T6 (300 ml de biol mas harina de roca) arrojó los pesos más elevados. Dichos resultados se pudieron ver modificados por factores de humedad, temperatura, sombra y tipo de suelo. En general la aplicación de biofertilizante y harina de roca logran aportar los nutrientes que necesitan nuestros cultivos, lo cual implica un apoyo económico para los agricultores pues se pueden obtener de insumos propios de la región a bajos costos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Agbede T. M.; A. Adekiya O.; E. Eifediyi K. 2017. Impact of poultry manure and npk fertilizer on soil physical properties and growth and yield of carrot. *Journal of Horticultural Research*, Vol. 25 (1): 81–88
- Arana, S. 2011. Manual de elaboración de biol. Cusco, Perú. Soluciones Prácticas
- Ávila. C. E. 2015. Manual Zanahoria. Cámara de Comercio de Bogotá. Obtenido de: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14309> (Fecha de consulta: 10 de Octubre de 2018)
- Benjamin L.R.; M. Wren J. 1997. Root development and source-sink relations in carrot, *Daucus carota*. *Journal of Experimental Botany* 29:425-433
- Bolaños, A. 1998. El cultivo de zanahoria. Costa Rica. Editorial Uned
- Bravo, A. 2013. Biotecnología agrícola y agroecología. *Revista Ciencia*. Vol. 64 (1): 68-77
- Félix H. J.; R. Raudel S.; G. Rojo M.; R. Martínez R.; V. Olalde P. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4 (1): 57-67.
- Fernández K., E. Murillo. 2005. Evaluación de la calidad nutricional y desarrollo vegetativo de zanahoria (*Daucus carota* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con técnicas de agricultura limpia en la región de Chapeton-municipio de Ibagué. *Sophia* (1): 11-20
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2017. Producción de cultivos: Zanahoria. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Fecha de consulta: 05 de Octubre de 2018)
- García G. C.; J. A. Félix H. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Obtenido de: [https://www.ciaorganico.net/documypublic/271\\_Manual\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_abonos\\_organicos\\_y\\_biorracionales.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf) ( Fecha de consulta: 23 de Enero de 2019).
- Gaviola, J. C. 2013. Manual de Producción de Zanahoria. Mendoza, Argentina. Editorial INTA
- González I. H.; G. Salvo; A. Gallo; S. Machado; B. Rocha; M. García. 2012 Producción de semilla de zanahorias anuales (*Daucus carota* L.) en la región sur de Uruguay, *Agrociencia Uruguay* Vol.16 (1): 68-78

- Gutiérrez C. J.; J. Gastón; L. Aguilera G.; C. González E. 2008. Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46): 51-87.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018. México en cifras- Puebla. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21> (Fecha de consulta: 05 de Octubre de 2018)
- Kehr M, E.; B. Bórquez C. 2010. La Zanahoria como una hortaliza para procesamiento industrial. INIA, Tierra Adentro.
- León N. P.; G. López A.; M. Cea M.; V. Llanes. 2013. Comparación de profundidades de labranza reducida y siembra directa con y sin humus de lombriz en el cultivo de la zanahoria. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Vol. 22 (3):42-45
- Morales P. J. P. 1995. Cultivo de Zanahoria. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Obtenido de: <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/zanahoria.pdf> (Fecha de consulta: 11 de Octubre de 2018)
- Northolt M.; T. Buisman V.; A. Vanden B. 2004. Parameters for Carrot Quality and the development of the Inner Quality concept. Louis Bolk Instituut. Obtenido de: <https://orprints.org/4265/1/4265.pdf> (Fecha de consulta: 15 de Noviembre de 2018)
- Parks, A. 2005. La biotecnología en la agricultura: la promesa en medio de los retos. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Vol. 9 (16): 412-420
- Ramos A. D.; T. Alfonso, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59
- Reina, C. E.; J. F. Bonilla O. 1997. Manejo postcosecha y evaluación de calidad para la Zanahoria (*Daucus carota* L) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Obtenido de: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4697/2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20Zanahoria.pdf> (Fecha de consulta: 11 de Octubre de 2018)
- Restrepo, R. J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua, Nicaragua. SIMAS
- Restrepo, R. J. y Pinheiro, S. (2011). Cromatografía. Imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia. Impresora Feriva

- Romero, F. 2004. Manejo Integrado de Plagas: Las bases, Los conceptos, Su mercantilización. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Obtenido de: <http://vaca.agro.uncor.edu/~biblio/Manejo%20de%20Plagas.pdf> (Fecha de consulta: 25 de Octubre de 2018)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Márgenes de comercialización. Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71250/MargenesComer\\_Zanahoria\\_Marzo2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71250/MargenesComer_Zanahoria_Marzo2015.pdf) (Fecha de consulta: 06 de Octubre de 2018)
- Stanhill G. 1977. Allometric growth studies of the carrot crop. I. Effects of plant development and the cultivar. *Annals of Botany* 41:533-540.
- Suojala, T. 2000. Growth of and partitioning between shoot and storage root of carrot in a northern climate. *Agricultural and Food Science in Finland* 9: 49–59.
- Trejo E. S. 2010. La biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo. Obtenido de: [http://www.gbcbiotech.com/en/imagenes/biotecnologia/33BioTecnologia\\_mexico.pdf](http://www.gbcbiotech.com/en/imagenes/biotecnologia/33BioTecnologia_mexico.pdf) (Fecha de consulta: 06 de Octubre de 2018)
- Vega R. T.; C. Méndez S.; W. Rodríguez M. 2012. Análisis del crecimiento de cinco híbridos de zanahoria (*daucus carota* l.) Mediante la metodología del análisis funcional. *Agronomía Costarricense*, 36(2): 29-46
- Vessey J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 255:571-586.
- Vidal M. A.; S. Gallach J.; H. Ferrándiz J.; C. Camañez M. 2017. Cultivos hortícolas al aire libre: Zanahoria. España. Cajamar