

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Zeolita En La Producción De Plántula De Coliflor  
(*Brassica oleraceae* var. *Botrytis*) En Invernadero

Por:

**MICAELA CRISTINO CORTES**

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Zeolita En La Producción De Plántula De Coliflor  
(*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) En Invernadero

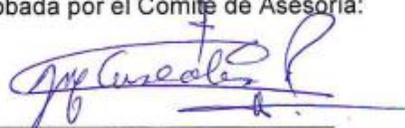
Por:

**MICAELA CRISTINO CORTES**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

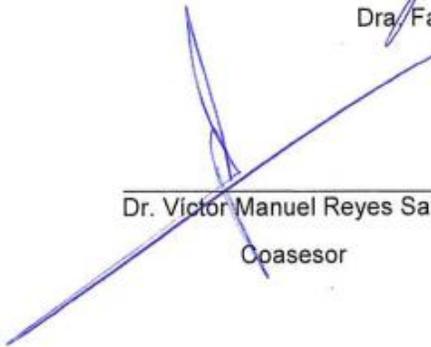
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



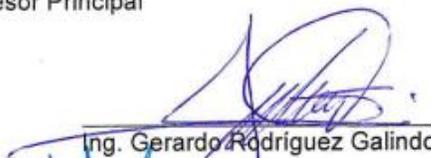
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal



Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracia a dios, quien me dio la fe, la fortaleza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida, y por darme la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi ALMA TERRA MATER por darme la oportunidad de ingresar y cumplir mis sueños y a ver culminado mi carrera profesional.

A la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, por haberme permitido ser su tesista, por todo su apoyo.

## **DEDICATORIA**

### **A mi mama: Justina Cortes Adán**

Quien me ha brindado su apoyo en todo momento de mi vida, inculcándome valores, enseñanzas en cada paso de mi vida siendo mi mayor motivación para realizar cada uno de mis metas planeadas, mostrándome siempre el buen camino para no dejar de luchar por mis sueños.

### **Mi hijo: Eduardo Aron Cortes Cristino**

A mi querido hijo, ya ha sido para mí el motivo más grande por el cual a cada día he decidido seguir adelante.

### **Mi esposo Eduardo Cortes Atilano**

Por brindarme su apoyo cariñoso y comprensión, me siento afortunada por tenerte a mi lado por haberte encontrado, gracias por todo tu amor y por todos los momentos que hemos pasado juntos te amo.

### **Mis hermanos**

#### **Abrahán, Gabriel, Ciriaco, Mariana, Víctor y Mariano**

Gracias por el apoyo que me brindaron y por los consejos que me dieron los quiero mucho a todos.

### **Amigas**

Selina, Yaisa de Guadalupe, Verónica, Lourdes, Patricia, mis mejores amigas por todos los momentos divertidos que pasamos gracias por su amistad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| AGRADECIMIENTOS.....                                                                 | iii  |
| DEDICATORIAS.....                                                                    | iv   |
| INDICE DE CUADROS .....                                                              | vii  |
| INDICE DE FIGURAS.....                                                               | xi   |
| RESUMEN.....                                                                         | xiii |
| I.INTRODUCCIÓN.....                                                                  | 14   |
| Objetivo General.....                                                                | 15   |
| Objetivos Específicos.....                                                           | 15   |
| Hipótesis .....                                                                      | 16   |
| II.REVISIÓN DE LITERATURA.....                                                       | 17   |
| 2.1. El cultivo de coliflor .....                                                    | 17   |
| 2.1.2. Importancia económica.....                                                    | 17   |
| 2.1.3. Requerimiento del cultivo.....                                                | 18   |
| 2.2. Producción de plántulas.....                                                    | 18   |
| 2.2.1. Desarrollo de las plántulas.....                                              | 19   |
| 2.2.2. Requerimientos para una adecuada germinación y producción de<br>plántula..... | 20   |
| 2.3. Sustratos en la agricultura.....                                                | 23   |
| 2.3.1.Características de algunos sustratos.....                                      | 24   |
| 2.3.2.Mezcla de sustratos.....                                                       | 26   |
| 2.4. ZEOLITA.....                                                                    | 27   |
| 2.4.1.Origen de las zeolitas.....                                                    | 27   |
| 2.4.2. Zeolita en la agricultura.....                                                | 28   |
| 2.4.3. Zeoponia y Organopinia.....                                                   | 32   |
| III.MATERIALES Y MÉTODOS.....                                                        | 34   |
| 3.1.Localización del experimento.....                                                | 34   |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 3.2. Realización del experimento..... | 34 |
| 3.3. Variables evaluadas.....         | 34 |
| 3.4. Análisis de datos.....           | 36 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....       | 38 |
| V. CONCLUSIÓN.....                    | 50 |
| VI. LITERATURA CITADA.....            | 51 |
| APÉNDICE.....                         | 55 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                   |                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 1.</b>  | Principales estados productores de coliflor en México en el 2018.....                                                                                                                                                             | 18 |
| <b>Cuadro 2.</b>  | Formación de tratamientos con sustratos comerciales, lombricomposta y zeolita empleados en la producción de plántulas de coliflor.....                                                                                            | 34 |
| <b>Cuadro 3.</b>  | Comparación de medias de la variable número de hojas verdaderas a los 18 días de la siembra .....                                                                                                                                 | 39 |
| <b>Cuadro 4.</b>  | Comparación de medias de la variable número de hojas verdaderas a los 36 días de la siembra en cuatro mezclas de sustratos con zeolita.....                                                                                       | 41 |
| <b>Cuadro A1.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 55 |
| <b>Cuadro A2.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 55 |
| <b>Cuadro A3.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 1 hoja a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....   | 55 |
| <b>Cuadro A4.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 1 hoja a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 56 |
| <b>Cuadro A5.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántula con 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....   | 56 |
| <b>Cuadro A6.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 56 |
| <b>Cuadro A7.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 56 |
| <b>Cuadro A8.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con                                                                                                                |    |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                    | la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....                                                                                                                    | 57 |
| <b>Cuadro A9.</b>  | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 57 |
| <b>Cuadro A10.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 58 |
| <b>Cuadro A11.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 3 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 58 |
| <b>Cuadro A12.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 3 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 58 |
| <b>Cuadro A13.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 4 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 59 |
| <b>Cuadro A14.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 4 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 59 |
| <b>Cuadro A15.</b> | Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 5 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....  | 59 |
| <b>Cuadro A16.</b> | Comparación de medias de la variable número de plántulas con 5 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 60 |
| <b>Cuadro A17.</b> | Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....                                                          | 60 |
| <b>Cuadro A18.</b> | Comparación de medias de la variable diámetro de tallo con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....                                                         | 60 |

|                    |                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cuadro A19.</b> | Análisis de varianza de la variable altura de plántula a los 18 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....61  |
| <b>Cuadro A20.</b> | Comparación de medias de la variable altura de plántula a los 18 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....61 |
| <b>Cuadro A21.</b> | Análisis de varianza de la variable altura de plántula a los 36 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....61  |
| <b>Cuadro A22.</b> | Comparación de medias de la variable altura de plántula a los 36 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....62 |
| <b>Cuadro A23.</b> | Comparación de medias de la variable peso fresco de la vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....62       |
| <b>Cuadro A24.</b> | Comparación de medias de la variable peso fresco de la vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....62       |
| <b>Cuadro A25.</b> | Análisis de varianza de la variable peso fresco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....63              |
| <b>Cuadro A26.</b> | Comparación de medias de la variable peso seco de la raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....63            |
| <b>Cuadro A27.</b> | Análisis de varianza de la variable peso seco de vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....63             |
| <b>Cuadro A28.</b> | Comparación de medias de la variable peso seco de vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....64            |
| <b>Cuadro A29.</b> | Análisis de varianza de la variable peso seco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.....64                |

|                    |                                                                                                                                                                           |    |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro A30.</b> | Comparación de medias de la variable peso seco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero..... | 64 |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Distribución de tratamiento en el invernadero .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 35 |
| <b>Figura 2.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable porcentaje de plántulas de coliflor con 0,1 y 2 hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra (DDS). T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculite. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita..... | 38 |
| <b>Figura 3.</b> Plantulas de coliflor a los 18 días después de la siembra en mezclas de sustratos comerciales y zeolita.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 39 |
| <b>Figura 4.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable porcentaje de plántulas de coliflor con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 días después de la siembra. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.....   | 40 |
| <b>Figura 5.</b> Plantulas de coliflor a los 36 días después de la siembra en tres mezclas de sustratos comerciales y zeolita.....                                                                                                                                                                                                                                                             | 41 |
| <b>Figura 6.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable diametro de tallo en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.....                                                                 | 43 |
| <b>Figura 7.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable altura de plántula de coliflor a los 18 y 36 días después de la siembra (DDS). T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.....                              | 44 |
| <b>Figura 8.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso fresco de vástago en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.....                                                            | 45 |
| <b>Figura 9.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso fresco de raíz en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita .....                                                              | 46 |
| <b>Figura 10.</b> Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso seco del vástago en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.....                                                            | 47 |

**Figura 11.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso seco de la raíz en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita ..... 48

## RESUMEN

Este trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de la zeolita al incorporarse en mezclas de sustratos comerciales en la producción de plántula de coliflor (*Brassica oleracea* var *botritis*) en invernadero. Para ello, se llenaron charolas de poliestireno de 200 cavidades con las siguientes mezclas de sustratos y zeolita: T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita (Testigo). T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita. El diseño experimental empleado fue un completamente al azar con igual número de repeticiones donde la unidad experimental fue una plántula. Las variables a evaluar fueron: porcentaje de plántulas con 0, 1 y 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS), porcentaje de plántulas con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 DDS, diámetro de tallo, altura de plántula a los 18 y 36 DDS, peso fresco del vástago, peso fresco de la raíz, peso seco del vástago y peso seco de la raíz. Se obtuvo diferencia estadística en las variables porcentaje de plántulas con 0, 1 y 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS), porcentaje de plántulas con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 DDS y altura de planta en los muestreos realizados a los 18 y 36 DDS. En este estudio se obtuvo que la zeolita al incorporarse en mezclas de sustratos comerciales en la producción de plántula de coliflor en invernadero, requirió de una fuente de nutrientes adicional como fue la de lombricomposta ya que el tratamiento formulado con 60 % de peat moss + 10 % de lombricomposta +30 % de zeolita fue el que propició una mayor y más rápida formación de hojas verdaderas y una mayor altura de plántula.

**Palabras clave:** nutrición, hortalizas, abonos, lombricomposta, zeoponia.

## I. INTRODUCCIÓN

La población en el Mundo demanda más y mejores alimentos, por ello, los sistemas productivos tienen que ser más económicos y eficientes. En México la producción de hortalizas es una de las actividades con mayor dinamismo, no sólo del subsector agrícola, sino del sector agropecuario en general. En los últimos años, la producción promedio anual de las hortalizas que se consideran de mayor importancia ha crecido tanto para el mercado nacional como el de exportación.

La explicación de este crecimiento estriba en dos factores: por un lado, se encuentra el crecimiento de la demanda interna, que cada año se calcula que absorbe alrededor de casi el 80% de la oferta producida, mientras que por el otro, están las exportaciones, las que no solamente representan una alternativa cuando la demanda interna está contraída, sino que ocupa un lugar preponderante para complementar, sobretodo la demanda de Estados Unidos durante el periodo invernal. Las crucíferas, son un importante grupo de las hortalizas desde el punto de vista, de área sembrada y el valor de la producción.

En la producción de hortalizas se estima que las labores de producción de plántula, trasplante y cosecha son las prácticas más costosas. La producción de plántula en particular representa en promedio el 25 % de los costos totales. Además, partir con una plántula de calidad que resista el trasplante y forme abundante sistema radicular es el mejor de los comienzos en cualquier cultivo.

Por otra parte se debe considerar a la salinidad de los suelos un problema importante en México y principalmente en las regiones Centro y Norte del país. El problema se agudiza en las zonas áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evapotranspiración. En México un 10 % del área irrigada está afectada por salinidad, y de esta, aproximadamente el 64 % se localiza en la parte norte del país (Cosío-Ruiz, 2007) donde la producción de cultivos sin suelo resulta una opción bastante viable.

En México el uso la zeolita en la agricultura empezó como un mejorador de los fertilizantes químicos a partir de 1995 en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, en Veracruz. Aunque, en Estados Unidos, Japón, Cuba y algunos países de Europa, este mineral se utiliza desde hace varias décadas, con resultados sobresalientes en diversos cultivos. La zeolita ha representado una buena opción como fertilizante de liberación lenta, un buen mejorador del suelo, un material que propicia un uso eficiente del agua, como sustrato para el crecimiento de plantas, etc. Así mismo, ha resultado una buena opción en zeoponía (zeolita + nutrientes minerales) (El finalciero. abril 28, 2017) y en organoponía (sustratos + abonos orgánicos) Chaveli *et al.* ( 2013).

Si bien la zeolita se puede emplear en combinación con fertilizantes químicos y abonos, hay reportes que indican que se puede aplicar solo como fertilizante y como sustrato (Jun-Xi *et al.*, 2010; Urbina-Sánchez *et al.*,2011). Por lo anterior el presente trabajo tuvo el siguiente objetivo.

### **Objetivo General**

- Evaluar el efecto de la zeolita al incorporarse en mezclas de sustratos comerciales en la producción de coliflor (*Brassica oleracea var botritis*) bajo condiciones de invernadero.
- 

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la zeolita como fertilizante y como sustrato en la producción de plántula de coliflor en invernadero.
- Identificar cuál mezcla de sustratos con zeolita es el más adecuado para el buen crecimiento y desarrollo de las plántulas de coliflor cultivadas bajo condiciones de invernadero.

## **Hipótesis**

- La incorporación de zeolita en las mezclas de sustratos afectará el crecimiento y desarrollo de las plántulas de coliflor de forma favorable.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. El cultivo de coliflor

La planta de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) se originó de las regiones del Mediterráneo, Inglaterra, Dinamarca y Holanda. Está estrechamente ligado a la del brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) y con él comparte un patrimonio genético común. Tanto así que en muchas zonas el brócoli recibe el nombre de coliflor de invierno denominándose entonces a la verdadera coliflor como coliflor de verano (Amando, 2018; Ordas, 2001).

En la antigüedad la coliflor no era consumida como alimento, se utilizaba para tratar enfermedades como dolor de cabeza y diarrea pero con el paso del tiempo se empezó a consumir y se generaron nuevas variedades.

#### 2.1.2. Importancia económica

La coliflor es una hortaliza de amplia importancia económica a nivel mundial, ya que es fácil de cultivar y de rápido crecimiento. Se consume principalmente como verdura o ensaladas y también se puede ingerir cruda o cocida. Constituye una inflorescencia de forma redondeada, carnosa y de gran tamaño. Es un cultivo de gran potencial debido a su aporte como fuente de fibra, vitaminas y minerales a nivel vitamínico destaca la presencia de vitamina C, folatos y vitamina B<sub>6</sub>, así mismo, contiene otras vitaminas del grupo B, como B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, y B<sub>3</sub>, en menores cantidades. La coliflor contiene sustancias que cambian el metabolismo del estrógeno, de tal manera que pueden disminuir el riesgo del cáncer de seno. Investigadores sugieren que al consumir estos vegetales se reduce las probabilidades de sufrir cáncer de colon, ya que presenta un bajo contenido en calorías según (Jorge, 2007).

De acuerdo al SIACON en el año 2018 en México se cosecharon 4,010.90 ha de coliflor con una producción total de 97,208.91 t siendo los principales estados productores Guanajuato, Puebla, Hidalgo y Michoacán (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Principales estados productores de coliflor en México en el año 2018.

| Estado     | Superficie cosechada (ha) | Producción (t·ha) | Rendimiento (t) | Valor de la producción (miles de pesos) |
|------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| Guanajuato | 1,226.38                  | 29,692.85         | 24.21           | 151,381.88                              |
| Puebla     | 815.50                    | 16,528.35         | 20.27           | 68,144.53                               |
| Hidalgo    | 704.50                    | 18,626.68         | 26.44           | 68,499.70                               |
| Michoacán  | 288.0                     | 8,174.26          | 28.38           | 31,714.12                               |

Fuente: SIACON-SIAP.

### 2.1.3 Requerimiento del cultivo

El cultivo de la coliflor se establece generalmente por trasplante. El trasplante se realiza cuando la plántula de coliflor presenta de 3 a 4 hojas verdaderas lo cual ocurre regularmente en almácigos bajo invernaderos o en campo a los 30 días después de la siembra (Zamora, 2016).

El cultivo de coliflor es un cultivo que requiere de temperaturas frescas mensuales de 15 a 20 °C (59 a 68 °F) pudiendo soportar heladas pero de preferencia que no se presenten temperaturas congelantes. Tampoco tolera altas temperaturas. Las altas temperaturas traen como consecuencia una pobre calidad para la producción de la inflorescencia (cabezas) tornándose amarillentas y flojas. También requiere de humedad alta (clima lluvioso y fresco). Además, requiere suelos medios a medio-pesados con buen drenaje. En suelos arenosos, deberá tenerse bastante cuidado de no estresar con falta de agua a la planta ó se presentará la formación de cabezas prematuras. Es ligeramente tolerante a suelos ácidos (pH de 6 a 6.8) siendo el rango óptimo de 6.5 a 7.5 (Zamora, 2016).

## 2.2 Producción de plántulas

Una plántula es la primera etapa de desarrollo de una planta desde que germina la semilla hasta que forma sus primeras hojas verdaderas. Para garantizar el buen

crecimiento y desarrollo de la misma es aconsejable producirla en condiciones controladas, pudiendo ser un almácigo o en charolas dentro de una estructura protegida como es un invernadero.

La producción de plántula en invernadero presenta las siguientes ventajas:

1. Se obtiene un mejor aprovechamiento de la semilla en comparación con el almácigo y con la siembra directa en campo.
2. Se obtiene una mayor uniformidad en el cultivo.
3. Se reducen los costos de mano de obra en el campo.
4. Se facilita el manejo de la planta en las etapas iniciales de vida.
5. Se incrementa la calidad del producto si se parte de una plántula de calidad.
6. Se reduce el tiempo para la aparición de las hojas verdaderas.

### **2.2.1. Desarrollo de las plántulas**

El desarrollo de las plántulas puede dividirse en cuatro etapas:

- Etapa 1. Ocurre entre la siembra y la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla. En esta etapa se requieren niveles altos de humedad y oxígeno alrededor de la semilla.
- Etapa 2. Se da entre la emergencia de la radícula que se introduce en el suelo y la emergencia del hipocotilo (tallo) y las hojas cotiledonares; durante esta etapa aumentan las necesidades de oxígeno de la raíz y por tanto debe disminuirse la cantidad de humedad suministrada.
- Etapa 3. Es el período de crecimiento y desarrollo de las hojas verdaderas.
- Etapa 4. El período previo al embarque o trasplante.

Las etapas más críticas son la 1 y la 2. La diferencia entre el éxito y el fracaso depende de que se puedan mantener las condiciones óptimas de humedad, oxígeno, temperatura y luminosidad.

### 2.2.2. Requerimientos para una adecuada germinación y producción de plántula

Los requerimientos para una adecuada germinación y producción de plántula son los siguientes:

- **Programación.** Definir el propósito de la plántula que se va a producir y en que tiempo es importante porque permite tomar decisiones antes y durante la producción de la plántula.
- **Semilla.** Se debe partir con semilla de buena calidad con un alto porcentaje de germinación superior al 90%. En el caso de coliflor PYMERURAL (2011) menciona que es recomendable un porcentaje de germinación este el 93 y 96%. Es decir, que en una bandeja de 200 cavidades deben germinar 186 a 192 semillas para considerarse una semilla de buena calidad. Además mencionan que en hortalizas de clima templado, el promedio de producción es de 21 a 28 días.
- **Profundidad de siembra.** Se debe establecer una profundidad de siembra uniforme en toda la charola, ni muy ligera donde la semilla quede descubierta ni tan profunda que evite su emergencia.
- **Sustrato empleado.** El sustrato o medio de cultivo debe permitir que la semilla encuentre humedad la mayor parte del tiempo sin llegar a excesos para que active su maquinaria celular y pueda germinar, emerger y desarrollarse.
- **Temperatura.** Durante el crecimiento y desarrollo de las hojas verdaderas, las temperaturas deben de estar entre 15-18 °C, dependiendo del tipo de desarrollo deseado. Si las plantas van a ser transportadas será necesario aclimatarlas o 'endurecerlas' un poco para que resistan adecuadamente el embarque. Una temperatura de 15 °C producirá una planta tolerante al transporte.

Si las plántulas van a trasplantarse directamente en el lugar donde se producen, se tendrán plántulas satisfactorias a temperaturas de 18 °C. En la etapa previa al trasplante, las plántulas pueden forzarse a que desarrollen más, aumentando la temperatura a 21 °C o pueden detenerse hasta por 2 semanas si se baja la temperatura a no menos de 14 °C. Debe tenerse en

cuenta que si no se ha iniciado la floración, la reducción de temperaturas abajo de 15 °C conducirá a un retraso en la floración. Nota: las temperaturas demasiado altas también pueden provocar un retraso en la floración.

- **Humedad.** Durante el crecimiento y desarrollo de hojas y previo al trasplante, las plántulas deben regarse según se considere necesario, de preferencia por aspersión muy fina. Debe administrarse suficiente agua para cubrir muy bien las charolas y dejar que escurra un poco para que se lixivien las sales solubles pero deben dejarse secar lo bastante para permitir la salida de gases nocivos como el etileno y la entrada de oxígeno a las raíces.
- **Luz.** El crecimiento y desarrollo de muchas plántulas se propicia manteniendo una intensidad luminosa al nivel de las plantas de un mínimo de 4,300 lux, por 18-20 horas diarias, durante 2-3 semanas después de la germinación.
- **Control de plagas y enfermedades.** Mantener un control de las plagas y enfermedades es crucial para el buen crecimiento y desarrollo de la planta. Mantener a raya enfermedades de semillero como Damping off y *Phytophthora* es de vital importancia.
- **Nutrición.** Si bien se piensa que las semillas no requieren nutrientes del medio para germinar ya que los cotiledones funcionan como órganos de reserva de nutrientes, una vez que la planta emerge y comienza el crecimiento y desarrollo de la plántula requerirá nutrientes según la especie, variedad y cultivar, el estado de desarrollo y el propósito para el cual se produce la plántula (programación). En este sentido, la ciencia de la nutrición se convierte casi en un arte. El manejo de la nutrición de plántulas depende de:
  - ✓ **El tipo de sustrato o medio de cultivo.** Distintos medios tienen diferente CIC (habilidad para retener e intercambiar nutrientes). Cada medio de cultivo debe ser probado antes de usarse en forma extensiva. La fertilización deberá ser más alta en medios con baja CIC.

- ✓ **Cultivo, estado de desarrollo y tipo de crecimiento deseado.** Algunas plantas son sensibles a las sales solubles y deberán fertilizarse solo en la medida necesaria y después que las raíces están bien establecidas. Las plántulas tiernas en los Estados 1 y 2 se desarrollarán bien con niveles bajos, (25-50 ppm) de fertilizante una vez por semana. Las Etapas 3 y 4 involucran un desarrollo más activo. Pueden entonces aplicarse niveles moderados (50-100 ppm) de nitrato de potasio, amonio y calcio, con elementos menores, en la medida necesaria, evitando la sobre-fertilización. Si se usa un fertilizante a base de nitrato de amonio y nitrato de potasio, se promueve un desarrollo más rápido y succulento; si se usa nitrato de calcio y de potasio, las plantas serán más firmes y resistentes.
- ✓ **Condiciones ambientales incluyendo luz y temperatura.** Las temperaturas altas promueven un rápido desarrollo y crecimiento. Las plantas requieren fertilizaciones más frecuentes para apoyar este desarrollo. Las temperaturas bajas, como las usadas para detener las plantas, reducen el crecimiento y las necesidades de fertilizante. Las plantas creciendo bajo cubiertas de alta transparencia requieren más fertilizante que bajo condiciones de menor luminosidad.
- ✓ **Programación.** Los programas para crecimiento rápido requieren de un nivel más alto de fertilizante que los programas de crecimiento lento, o de detención de las plantas.
- ✓ **Riego.** Riegos pesados con alimentación constante requieren de una concentración menor de fertilizante. Si se sobre-riega puede resultar una pérdida de nutrientes por lixiviación, en particular de nitratos, fósforo, calcio, magnesio y boro. Si se riega y fertiliza menos frecuentemente se requerirá una concentración más alta de fertilizante y habrá que tener cuidado especial en lixiviar las sales regando periódicamente con agua sola. Cuando el agua tiene

niveles altos de sales, puede ser necesario algún proceso de desalinización antes de agregar el fertilizante.

- ✓ **Análisis del medio de cultivo original y posteriormente cada 2 semanas.** Las sales solubles y el pH deben monitorearse cada semana, tanto en el medio de cultivo como en el agua.
- ✓ **Cultivos orgánicos.** En el caso de cultivos orgánicos la nutrición se realiza a los 5 días de germinadas las plántulas y para ello se recurre a abonos como el bocashi, extractos de algas marinas, tricotoderma, caldos minerales, aminoácidos, entre otras. La aplicación de abono foliar es preferible realizarla por la mañana para aprovechar la necesidad de energía y agua de las plántulas PYMERURAL (2011).

### **2.3. Sustratos en la agricultura**

Un sustrato es un sustituto del suelo y es un material sólido que da soporte a la planta y contribuye o no en el crecimiento y desarrollo de la misma (Ansorena, 1994).

Ansorena (1994) menciona que los sustratos presentan propiedades químicas, físicas y biológicas como las que se describen a continuación:

**Propiedades químicas.** Se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que recibe la planta a través de las raíces. Entre ellas se encuentran: capacidad de tapón, capacidad de intercambio catiónico, contenido de sales o conductividad eléctrica y elementos nocivos como metales pesados y los compuestos fitotóxicos.

**Propiedades físicas.** Hacen referencia al espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, capilaridad, la densidad aparente y la densidad de partículas. Una vez que se selecciona el sustrato como medio de cultivo ya no se puede modificar su estructura.

**Propiedades biológicas.** Son propiedades dadas por las materiales orgánicos, cuando estos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos.

Otros aspectos importantes de los sustratos son su disponibilidad y precio.

### **2.3.1. Características de algunos sustratos**

**Perlita.** La perlita es un material de procedencia volcánica que se expande mediante un proceso de calentamiento a 1.000-1.200°C que le da una apariencia blanquesina y porosa. Químicamente está compuesto por sílice y óxidos de aluminio, hierro, calcio, magnesio y sodio. A estas temperaturas se evapora el agua contenida en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad, obteniendo un material de 128 kg·m<sup>3</sup> de densidad, con un pH neutro, con alta capacidad de retención de humedad, inerte y aislante del calor y del sonido (Ansorena, 1994) .

Es un buen sustituto de la arena para dar aireación en sustratos. Su principal ventaja sobre la arena es su peso ligero cercano a 95 g/l (de 80 a 128 kg·m<sup>-3</sup>), comparado con 1600 a 1920 g·l<sup>-1</sup> de arena (V. A. A. & A. S. 2003).

**Vermiculita.** Es un sustrato obtenido de silicatos de hierro y de magnesio (micas) sometidos aun proceso térmico llamado exfoliación (expansión) donde se somete a más de 1,000°C para perder el agua interlamilar e incharse unas 10 veces, quedando convertida en un material muy ligero, con buena capacidad de tenención

de humedad, poroso, inerte y aislante del calor y del sonido y al igual que la perlita suele mezclarse con otros sustratos para potenciar sus cualidades.

La densidad que presenta es baja de 110 a 160 g·l<sup>-1</sup> y los nutrientes minerales predominantes son el potasio, magnesio y calcio (Ansorena, 1994 y V. A. A. & A., 2003).

**Peat moss.** También conocido como Turba es un material orgánico obtenido de la planta Sphagnum y se importa generalmente de Canada. Este material no aporta nutrientes a la planta sin embargo ayuda a retener los nutrientes ya que incrementa su capacidad de intercambio catiónico, posee una alta capacidad de retención de humedad, es ligero, proporciona aireación a la planta y presenta un pH de 3.5 a 4.

El aspecto más importante es que no ocurren cambios biológicos o químicos, en el medio de cultivo preparado con esta turba después de la pasteurización, tiene la mayor capacidad de retención de humedad que cualquier otro tipo de material orgánica y es un sustrato ampliamente utilizado en la producción de plántula.

En el mercado existen peat moss especial para germinación el cual maneja un tamaño de partícula pequeña e inclusive se puede encontrar mezclado con otros sustratos como perlita y vermiculita (Ansorena, 1994).

**Lombricomposta.** Es un sustrato obtenido de la descomposición de materiales orgánicos (composta) donde se agrega un tipo concreto de lombrices llamada lombriz roja de California o *Eisenia foetida*. El hecho de añadir estas lombrices y transformar la composta en lombricomposta consigue un humus de mayor calidad. El producto obtenido de la ingesta de las lombrices es un producto estabilizado, con pH neutro, color café oscuro a negro, rico en ácidos húmicos y fúlvicos, inclusive con presencia de hormonas, vitaminas, antibióticos, enzimas y es rico en nutrientes por lo cual se considera en ocasiones como un abono orgánico (Lino, 2014). Además, proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua. Aumenta la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas. Presenta una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo. Contiene cinco veces más nitrógeno,

siete veces más potasio y 1.5 veces más calcio que la tierra fértil, por lo que es un fertilizante de alta calidad que provee nutrientes de manera soluble, los cuales son absorbidos con mayor facilidad por las plantas (Ansorena, 1994).

Blandón (2008) dice que con la aplicación de 30 % de humus de lombriz, se obtuvieron excelentes resultados en el crecimiento de plántulas de café en vivero, donde se obtuvo altura de 7.5 cm, 4.6 pares de hojas, con una área foliar de 120 cm<sup>2</sup>, y biomasa seca de 3,90 g, todas estas variables se midieron a los 120 días después del trasplante.

Zalamanca (2008) estudió el efecto de la lombrínaza sobre el crecimiento de almácigos de café en diferentes suelo de la cafetera colombiana con diferente contenido de materia orgánica (MO). Se evaluaron cuatro porciones de lombrínaza en mezcla con suelo (0, 25, 50, 75 %), para cada porción se llenaron 15 fundas y se sembró una plántula de café variedad caturra. Después de seis meses se determinó el peso seco de las raíces y de la parte aérea de las plantas. En siete suelos la porción 25 % de lombrínaza aumento el peso seco de las plantas entre 1,8 y 1, 5 gr, con respecto al suelo independiente de los contenidos de MO. Las diferencias se asociaron a los cambios en el pH y contenidos de Cu y K del sustrato. Las porciones 50 y 75 % de lombrínaza, afectaron negativamente el crecimiento de las plantas.

Debido a que la semilla de coliflor es muy pequeña es importante la producción de plántula de coliflor para realizar un trasplante que permita obtener un cultivo de calidad. Para ello se debe partir de una plántula de calidad.

Para obtener plántulas de coliflor de calidad en invernadero que resistan el trasplante se deben cuidar aspectos como tipo de sustratos a utilizar, nutrición de la planta proporcionado, riego, temperatura y control de plagas y enfermedades.

### **2.3.2. Mezcla de sustratos**

En virtud de que los sustratos no suelen cubrir todas las necesidades de la planta se suele utilizar combinados o en mezcla. Y elaborar una mezcla de sustratos no es tarea fácil ya que se tiene que tomar en cuenta ciertas características como por

ejemplo: ligereza en peso, uniformidad en composición, accesibilidad económica, fácil disponibilidad, carencia de plagas y enfermedades, alta CIC, elevada retención de humedad, buen drenaje y una buena aireación.

En el caso particular de la producción de plántulas en charolas por lo general se utilizan mezclas de sustratos que deben reunir las siguientes características:

- Buena consistencia
- Porosidad adecuada
- Buen drenaje
- Estar libre de patógenos
- Tener un pH de 5 a 7.5
- Una alta capacidad para retener la humedad
- Una alta capacidad para retener nutrientes y proporcionárselos a la planta

## **2.4. ZEOLITA**

La zeolita es un mineral natural de origen volcánico con composición química semejante a la arena, pero con diferente estructura cristalina (Paredes, *et al.*, 2013). Es un aluminosilicato hidratado cristalino (arcilla) con estructuras tridimensional es, caracterizados por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ , como diversos compuestos de fosfatos, amonio y componentes de la materia orgánica (Bosch y Schiter, 1998; London *et al.*, 2015).

Las zeolitas naturales son aluminosilicas de Na, K y Ca entre otros casi 40 especies diferentes entre las cuales destacan la clinoptilolita, chabasita, filipsita y mordenita que son las más utilizadas por sus propiedades (Jimenez, 2006).

Los usos de las zeolita son variables y van desde el uso en filtros de agua, alimento para animales, alimento para el ser humano y en la agricultura.

### **2.4.1. Origen de las zeolitas**

Datos encontrados acerca de la zeolita se remontan a 1756, por el geólogo sueco Axel fredrik cronstedt, que recogió algunas cristales de una mina de cobre en

Suecia. Él descubre que a medida que se calentaban el material de estibita, (grupo de zeolitas) perdían agua y se desprendía en forma de vapor, así que él decide nombrarlas zeolitas, que esta palabra proviene del griego zeo (hervir) y lithos (piedra) mientras que hoy en día este término puede englobar a un gran número de minerales naturales y sintéticos que presentan características estructurales comunes (Jimenez, 2006). Desde un punto de vista químico, las zeolitas son una clase de aluminosilicatos cristalinos basados en un esqueleto aniónico rígido, con cavidades, canales y poros bien definidos. Las zeolitas tienen aluminio, silicio y oxígeno en su armazón estructural; y en los poros encontramos cationes metálicos y moléculas de agua. Esta agua presente en los poros es la que se desprende de las zeolitas al aumentar la temperatura (Cortés, 2009).

#### **2.4.2. Zeolita en la agricultura**

Las zeolitas se han utilizado en la agricultura desde la década de 1960 como mejoradores de suelo, aditivos de fertilizantes y como fertilizantes de liberación lenta. Debido a la eficacia de estos sólidos cristalinos micro-porosos como intercambiadores de cationes y la capacidad de retención de agua (Paredes *et al.*, 2013).

Debido a la capacidad de intercambio iónico que tiene la zeolita y la habilidad de retención de la humedad, es adecuada para incrementar la eficiencia de los fertilizantes como potasio, calcio, magnesio y nitrógeno. La zeolita en la agricultura se conoce como; un fertilizante inteligente ya que libera los nutrientes poco a poco cuando la planta lo requiere. La aplicación de zeolita en suelos pesados, degradados o “cansados” y erosionados, permite mejorar su aireación, la actividad microbiológica, la porosidad, la estructura y la capacidad de laboreo, lo que mejora su potencial de fertilidad y productivo (Hernández y Zetina, 2019).

Leiva (210) Menciona que las características de las zeolitas en la agricultura son las siguientes:

- Mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

- Disminuye el contenido de sodio en el suelo, que pueden perjudicar a las plantas.
- Incrementa los niveles en el suelo de fósforo, calcio, potasio, magnesio y nitrógeno (en forma de amonio) entre otros, más allá de lo que él mismo porta, evitando problemas de fijación y optimizando las concentraciones de los mismos en el suelo y en los fertilizantes adicionados al suelo.
- Controla la acidez que hay en el suelo y los excesos de fierro y aluminio así como también ayuda a incrementar el PH.
- Aumenta la tolerancia natural de las plantas a plagas y enfermedades, al permitir una nutrición completa y equilibrada.
- Actúa como un fertilizante de liberación lenta y continua de acuerdo a la planta que lo requiera, hace que el producto trabaje por un largo periodo de tiempo.
- Incrementa el contenido nutritivo de los alimentos, tanto de origen animal como vegetal.
- Presenta una diversidad de formas.

Mientras Bosch y Schiter (1998) mencionan que las zeolitas retienen agua en su estructura porosa y fertilizantes lo que resulta en plantas más sanas, mejora de la producción, reducción en el consumo de agua y fertilizante y reducción en la nitrificación del acuífero. Además, mencionan que las zeolitas pueden utilizarse para modificar suelos de baja calidad o como aditivo en mezclas de sustratos, o pueden utilizarse en forma pura como medio de cultivo. Pueden modificarse para hacer fertilizantes de liberación lenta y pueden utilizarse como soporte para herbicidas, pesticidas o micro-organismos que promueven el crecimiento de plantas sanas y que con Con el el aumento en las restricciones sobre el uso de agroquímicos, las zeolitas ofrecen un alternativa ecológica para el agricultor moderno consciente de los efectos negativos del cultivo intensivo sobre el medio ambiente.

Díaz *et al.* (2009) por su parte obtuvieron en el cultivo del frijol, variedad “EVG – 6” que la dosis de 75 % de zeolita redujo los días a floración en un 6 % con respecto a la dosis de 25 %. Los daños por plagas y enfermedades, en la variedad de frijol “EVG-6”, fue menor cuando se aplicó fertilizante edáfico combinado con zeolita. El mayor peso de 100 semillas y rendimiento por planta de la variedad de frijol “EVG – 6” se obtuvo con “Zeolite C”. La aplicación de zeolita en conjunto con la fertilización edáfica, originó un incremento en el rendimiento por planta y por hectárea en comparación con el testigo, en el que solo se utilizó fertilización convencional. De acuerdo con el análisis económico basado en el rendimiento de la variedad de frijol “EVG – 6”, la mayor producción y rentabilidad por hectárea, se alcanzó con el 25 % de “Roca Mágica” y 75 % de “Zeolite – C” en conjunto con la fertilización de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N y 40 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Díaz *et al.* (2019) también realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes combinaciones de zeolita natural con fertilizantes de fórmula completa, en la respuesta agronómica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Desirée y encontraron que la aplicación de fórmula completa y zeolita al 25-50 % incrementó significativamente la altura de las plantas y que los componentes del rendimiento se vieron favorecidos con la aplicación de fertilizantes y zeolita, el tratamiento con la fórmula completa 6-7-10 y 25 % de zeolita obtuvo rendimientos superiores con 29.46 t·ha<sup>-1</sup>.

Obregón-Portocarrero *et al.* (2016) por su parte encontraron que la aplicación de zeolita natural (clinoptilolita) incrementó el rendimiento de granos de maíz hasta en 43.5 % en plantas no fertilizadas y hasta en 3.4% en plantas fertilizadas con respecto al testigo, mostrando su capacidad de retención del N en el suelo. La recuperación de N proveniente del fertilizante por parte del cultivo se favoreció con el aporte de zeolita en dosis de 15 kg·ha<sup>-1</sup>, dosis en la cual se extrajeron 13 kg más de nitrógeno fertilizante por hectárea, mostrando mejor desempeño que las dosis más altas evaluadas. Además, las plantas con aplicaciones de zeolita fueron más

eficientes en el uso del nutriente, como lo muestran los mayores rendimientos con una extracción menor.

Carlino *et al.* (1998) a su vez probaron diferentes tipos de zeolita y fertilizantes en el cultivo de crisantemo en maceta y encontraron que el uso de zeolita redujo el uso de fertilizantes.

Mientras que Villareal-Nuñez *et al.* (2015) obtuvieron un incremento en la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado de un 7% con la adición de zeolita natural. Pequeñas dosis de  $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (15 %) de zeolita puede mejorar la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado permitiendo mediante sucesivos experimentos, recomendar una disminución en la cantidad de N a aplicar en suelos con condiciones edafoclimáticas similares, aptos para el cultivo de arroz.

También una nota en el periódico El finalciero (abril 28, 2017) mencionan que hay un fertilizante mineral que en su variedad **clinoptilolita** resulta óptima para mezclarla con otros nutrientes que ofrecen como resultado mejores cosechas pero sobretodo una reducción importante de los fertilizantes químicos que, potencialmente, pueden adicionarse al mineral. Inclusive menciona que la zeolita se le pueden agregar fertilizantes orgánicos o químicos logrando que no se pierdan por evaporación o bien se 'fuguen' al subsuelo ocasionando contaminación a los mantos friáticos. Ello de acuerdo a los estudios probador durante tres años por el Inifap en cosechas de sorgo y maíz en terrenos de riego de temporal, aunque también se reportó que se pueden hacerse combinaciones a la medida de otros cultivos e incluso aplicarse en terrenos sujetos a sistemas de riego. Puede aplicarse incluso en hidroponia o en invernaderos.

Soca-Nuñez y Daza-Torres (2016) en un estudio obtuvieron que los tamaños de partícula de 1.00 a 3.00 mm mejoraron las condiciones químicas de los suelos y redujeron hasta 57 % la volatilización de N. Las partículas menores a 1 mm aumentaron la retención de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , que puede favorecer la dispersión del suelo. Las dosis mayores de zeolita en los suelos pardo grisáceo, pardo con carbonatos

y húmico sialítico aumentaron el contenido de bases intercambiables en el suelo, el rendimiento de masa seca y la concentración de nutrientes foliares. En contraste, en el suelo alítico no se hubo diferencias significativas en estas variables agronómicas.

Jun-Xi *et al.* (2010) probaron en un estudio la efectividad de una zeolita enriquecida con nitrógeno y potasio (NK-Z) en la producción de chile donde lograron obtener una mayor altura de vástago, peso fresco de vástago y peso fresco de fruto en chile picoso en comparación con la fertilización química tradicional. Además encontraron que con la aplicación de zeolita enriquecida se redujo el uso de fertilizantes adicionales.

### **2.4.3. Zeoponia y Organopinia**

Hay estudios que sostienen que los materiales zeopónicos pueden ser utilizados como sustratos adoptando un término denominado “zeoponia”. Al respecto, Harland *et al.* (1999) lograron cultivar con éxito chile dulce en zeolita reciclada al utilizarla como sustrato. Y Urbina-Sánchez *et al.* (2011) mencionan que la zeolita es un mineral del grupo de los aluminosilicatos con estructura porosa, presenta alta capacidad de intercambio catiónico y es de origen ígneo sedimentario. En México, se tienen referencias de yacimientos en varios estados entre ellos: Chihuahua, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, SLP, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz. Sus características la hacen un sustrato atractivo para cultivos hidropónicos.

También en un estudio al evaluar a la zeolita clinoptilolita para su posible uso en un sistema hidropónico de circuito cerrado para el cultivo de gerbera, se encontró que las características de crecimiento de la flor fueron similares en ambos sustratos: zeolita y tezontle. Además, se encontraron que ni la granulometría de la zeolita, ni el potencial osmótico, ni la concentración de amonio de la solución nutritiva, evaluados como efectos simples o sus interacciones, afectaron a las variables de crecimiento de la flor, la única excepción fue el efecto de la

concentración de amonio en longitud de pedúnculo, la adición mínima de amonio tuvo efecto negativo sobre esta variable y la zeolita fina retuvo mayor cantidad de cationes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NH_4^+$ ).

El representante de la empresa ZeoponiX, Inc menciona que “La zeolita cargada se mezcla en el sustrato antes de la siembra, ubicando los nutrientes muy cerca de las raíces de las plantas, donde son más eficientes,” dice Andrews. “Por su estructura porosa, cuando se irrigan, los gránulos de zeolita almacenan el agua con los nutrientes diluidos, los cuales se liberan lenta y directamente al sistema de raíces a medida que la planta los necesita. Esto previene la pérdida de agua y nutrientes y reduce los niveles de contaminación del suelo por lixiviación así como la cantidad necesaria de fertilizantes” .“Por eso, los materiales zeopónicos constituyen un perfecto sistema de alimentación continua, eficiente y segura (Revista Hortalizas, 5 nov, 2010).

Por otra parte Chaveli *et al.* ( 2013) obtuvo que con la utilización de la zeolita natural de cualquier granulometría hasta 4 mm, como complemento del abonado orgánico, resulta una adecuada variante para la obtención de mejores rendimientos en sistemas de organopónicos. Con la utilización de  $1 \text{ kg.m}^{-2}$  de zeolita natural (1 a 3 mm), se obtienen mayores rendimientos al término del ciclo de hortalizas comparado con la no aplicación del mineral.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las coordenadas geográficas: latitud 25° 21' 20 N longitud 101° 02' 08 W ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

El invernadero donde se llevó a cabo el experimento, tiene las siguientes dimensiones de 7 m de ancho y 30 m de largo, con estructura metálica y con cubierta de policarbonato. El invernadero cuenta con dos extractores de aire con activación automática y una pared húmeda.

#### 3.2. Realización del experimento

##### Material vegetal

Como material vegetal se utilizó semilla de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botritis*) de la marca Hortaflores que presentó un 93 % de germinación y 99 % de pureza.

##### Formación de tratamientos

Para cumplir con el objetivo de este trabajo se realizaron mezclas de sustratos con peat moss, perlita, vermiculita, lombricomposta y zeolita en las proporciones mostradas en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Formación de tratamientos con sustratos comerciales, lombricomposta y zeolita empleados en la producción de plántulas de coliflor.

| No. tratamiento | Mezcla de sustratos |             |                 |                    |             |
|-----------------|---------------------|-------------|-----------------|--------------------|-------------|
|                 | Peat moss (%)       | Perlita (%) | Vermiculita (%) | Lombricomposta (%) | Zeolita (%) |
| 1               | 60                  | 20          | 20              | 0                  | 0           |
| 2               | 70                  | 10          | 0               | 0                  | 20          |
| 3               | 70                  | 0           | 0               | 0                  | 30          |
| 4               | 60                  | 0           | 0               | 10                 | 30          |

## Preparación de mezclas

Para la preparación de las mezclas se utilizó un vaso de precipitado de 1 L para medir el volumen de cada sustrato y también se utilizó una cubeta de 20 L en donde se fueron agregando las diferentes cantidades de sustratos. Posteriormente se procedió a mezclarlos perfectamente y a humedecer a un 60%.

## Preparación de las charolas

Se utilizaron 6 charolas de 200 cavidades previamente lavadas y desinfectadas con cloro. Una vez colocado las mezclas en las charolas se procedió a realizar la siembra para ello se colocaron 2 semillas por cavidad. Esto se realizó el día 11 de septiembre del 2017.

## Mantenimiento de la plántula

La emergencia comenzó el día 19 de septiembre y para el 24 de septiembre se procedió a realizar el raleo dejando una plántula por cavidad. Se regó generalmente cada tercer día dependiendo de las necesidades de las plántulas y se vigiló que no hubiera presencia de plagas y enfermedades.

## Diseño experimental

El experimento se distribuyó en un diseño de completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, en donde cada repetición estuvo conformada por una charola de 100 cavidades y donde la unidad experimental fue de una plántula.

|      |  |      |  |      |  |      |  |      |  |      |
|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|
| T1R1 |  | T2R1 |  | T4R3 |  | T3R3 |  | T1R3 |  | T3R2 |
| T2R2 |  | T3R1 |  | T1R2 |  | T2R3 |  | T4R2 |  | T4R1 |

**Figura 1.** Distribución de tratamientos en el invernadero.

### 3.3. Variables evaluadas

**Porcentaje de plántulas con 0, 1 y 2 hojas verdaderas a los 18 (DDS).** Se contabilizó en número de plantas con 0, 1 y 2 hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra (DDS).

**Porcentaje de plántulas con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 DDS.** Se contabilizó en número de plantas con 0, 2, 3, 4 y 5 hojas verdaderas a los 36 días después de la siembra (DDS).

**Altura de plántula.** Esta variable se obtuvo en cm midiendo con una cinta de medir desde el cuello de la plántula hasta la punta más larga del follaje. Para ello se realizaron dos evaluaciones una a los 18 DDS y otra a los 36 DDS.

**Diámetro de tallo.** Con la ayuda de un vernier digital se fue midiendo el cuello de la plántula a los 36 DDS y el resultado se reportó en mm.

**Peso fresco del vástago.** Para esta parte se separó el vástago de la raíz con la ayuda de un cúter para después pesarlo en una abalanza semianalítica a los 36 DDS y el resultado se reportó en gramos.

**Peso fresco de la raíz.** Se pesó el sistema radicular de la plántula ya separa del vástago en la abalanza semianalítica a los 36 DDS y el resultado se reportó en gramos.

**Pesos seco del vástago.** Las muestras se colocaron en la estufa de secado a 60 °C durante 2 días y posteriormente se pesaron en una abalanza semianalítica los resultados se obtuvieron en gramos.

**Peso seco de la raíz.** Las muestras se colocaron en la estufa de secado a 60 °C durante 2 días y posteriormente se pesaron en una abalanza semianalítica.

### 3.4. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se realizó un ANOVA ( $P \leq 0.05$ ) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó en programa SAS ver 9 para Windows.

## Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r$$

donde:

$y_{ij}$  es la observación de la  $j$ -ésima u.e. del  $i$ -ésimo tratamiento

$\mu_i$  es la media del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental de la unidad

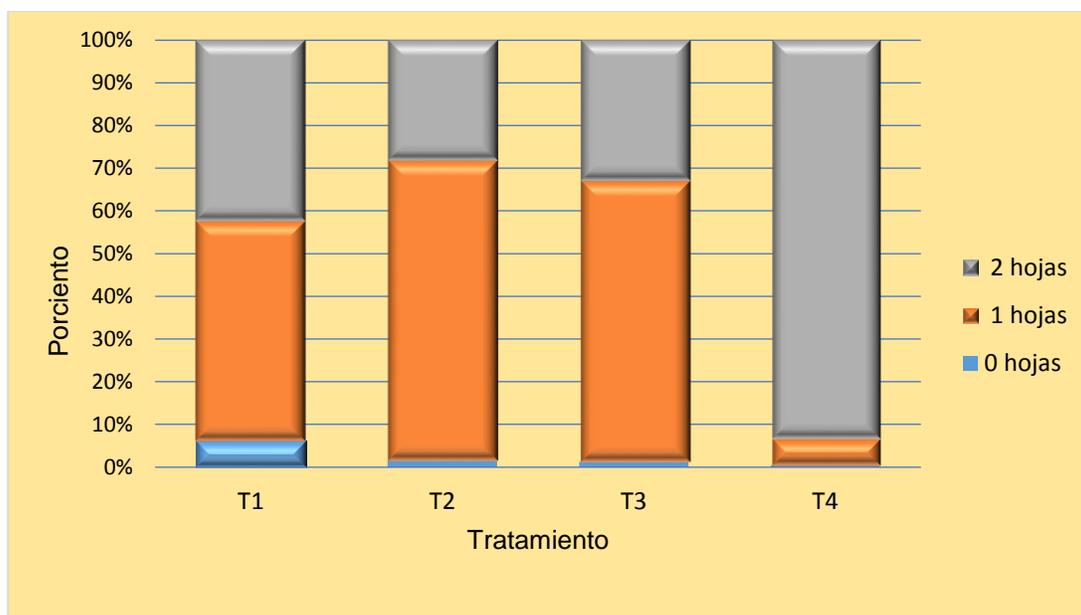
$ij$ . Suponemos que hay  $t$  tratamientos y  $r$  repeticiones en cada uno.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Porciento de plántulas con 0,1 y 2 hojas verdaderas a los 18 (DDS)

El número de hojas en una plántula de coliflor es importante porque es la parte de la planta que realizará fotosíntesis, por ende, a mayor cantidad de hojas mayor cantidad de reservas se formaran. En este experimento después de realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) se observó diferencia significativa entre los tratamientos a los 18 DDS.

Se observó que el tratamiento 4 donde se utilizó una mezcla de sustratos con 60% de peat moss+10% de lombricomposta+30% de zeolita propició la formación de dos hojas verdaderas en el 93.36% de las plántulas mientras que en el testigo y los otros dos tratamientos donde se utilizó zeolita presentaron un menor porcentaje de plántulas con dos hojas y una mayor cantidad de plántulas con solo una hoja (Figura 2, Figura 3, Cuadro 3 y Cuadros A1 al A6 ).



**Figura 2.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable porciento de plántulas de coliflor con 0,1 y 2 hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra (DDS). T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculite. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

**Cuadro 3.** Comparación de medias de la variable número de hojas verdaderas a los 18 días después de la siembra.

| Número de hojas | Tratamiento |         |         |        |
|-----------------|-------------|---------|---------|--------|
|                 | 1*          | 2       | 3       | 4      |
| 0               | 6.16 a*     | 1.55 b  | 1.26 b  | 0.39 b |
| 1               | 51.37 a     | 70.16 a | 65.72 a | 6.25 b |
| 2               | 42.47 b     | 28.29 b | 33.02 b | 93.36  |

\*T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculite. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita. \*Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P \geq 0.05$ ).



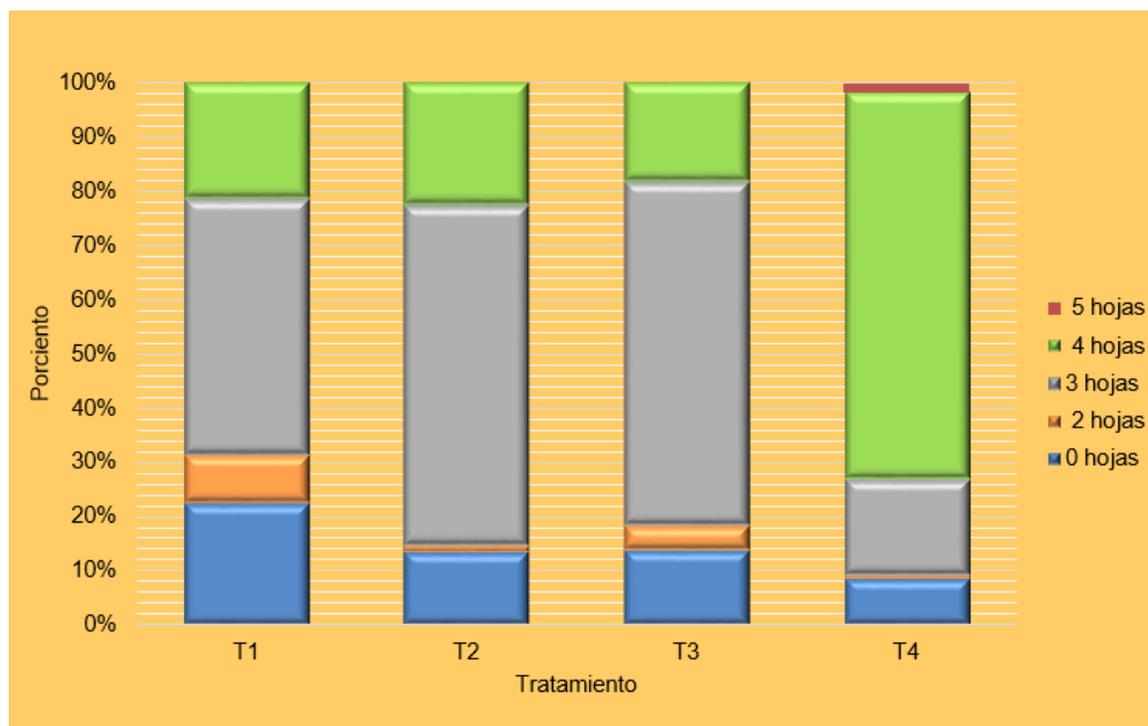
**Figura 3.** Plantulas de coliflor a los 18 días después de la siembra en mezclas de sustratos comerciales y zeolita.

Diferentes estudios han definido a la zeolita como un mineral de importancia en la agricultura porque además de proporcionar nutrientes a la planta también

favorece el abastecimiento de nutrientes para la planta como lo reporta Jun-Xi *et al.* (2010).

### Porcentaje de plántulas con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 DDS

Después de realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) se observó diferencia significativa en los tratamientos a los 36 días después de la siembra. Se observó igual que en la variable anterior que el tratamiento T4 donde se utilizó una mezcla de sustratos con 60 % de peat moss+10 % de lombricomposta+30 % de zeolita propició la formación de plántulas de coliflor con cuatro hojas verdaderas en un 71.18% del total de plántulas, mientras que el resto de los tratamientos presentó mayoritariamente dos hojas en las plántulas de coliflor (Figura 4, Figura 5, Cuadro 4 y Cuadros A7a1 A16).



**Figura 4.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable porcentaje de plántulas de coliflor con 0,2,3,4 y 5 hojas verdaderas a los 36 días después de la siembra. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.



**Figura 5.** Plantulas de coliflor a los 36 días después de la siembra en mezclas de sustratos comerciales y zeolita.

**Cuadro 4.** Comparación de medias de la variable número de hojas verdaderas a los 36 días de la siembra en cuatro mezclas de sustratos con zeolita.

| Número de hojas | Tratamientos         |         |         |         |
|-----------------|----------------------|---------|---------|---------|
|                 | 1*                   | 2       | 3       | 4       |
| 0               | 23.24 a <sup>‡</sup> | 13.33 a | 13.67 a | 9.07 a  |
| 2               | 9.09 a               | 1.33 b  | 4.67 ab | 0.33 b  |
| 3               | 45.29 ab             | 62.67 a | 63.33 a | 17.66 b |
| 4               | 22.38 b              | 22.67 b | 18.33 b | 71.18 a |
| 5               | 0.00 b               | 0.00 b  | 0.00 b  | 1.75 a  |

\*T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculite. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita. <sup>‡</sup>Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P \geq 0.05$ ).

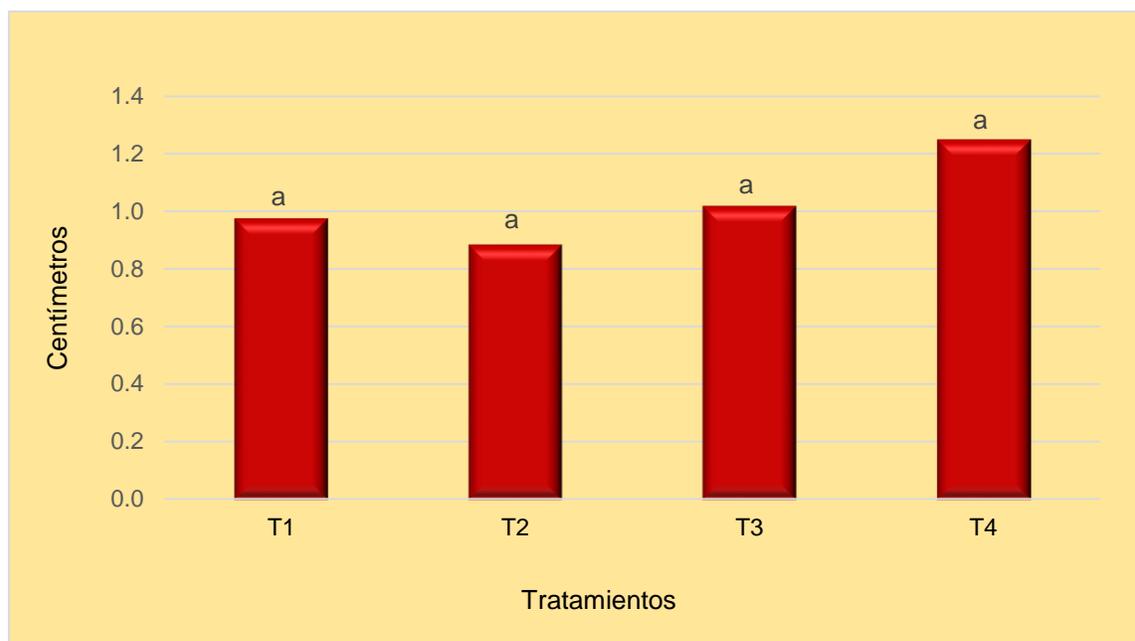
Similar a la variable anterior se observó que el tratamiento que formó más hojas y más rápidamente fue el tratamiento donde se incorporó lombricomposta además de zeolita y peat moss. Quizás estos resultados se deben a que como lo mencionan Blandón (2008) y Salamanca (2008) en el cultivo de café la lombricomposta propiciación en mejor crecimiento de plantas porque este sustrato considerado también como abono natural aporta nutrimentos a la planta, mejora las características del suelo y aporta reguladores de crecimiento.

Del mismo modo, se observó en este trabajo que si bien la zeolita puede ser un fertilizante de lenta liberación con muchas otras propiedades como lo reporta Leiva (2010), es necesaria la combinación con otras fuente de nutrientes como las contenidas en el suelo, con fertilizantes minerales o con abonos orgánicos. Tal como se reporta en los estudios realizados por Soca-Nuñez y Daza-Torres (2016) donde la zeolita se agregó al suelo al igual que lo obtenido por Obregón-Portocarrero *et al* (2016) en el cultivo de maíz donde inclusive la aplicación de zeolita incorporada al suelo y sin fertilización incremento hasta un 43.5% el rendimiento en granos de maíz y Villareal-Nuñez *et al.* (2015) con la incorporación de fertilizantes nitrogenados y zeolita en el cultivo de arroz y Díaz *et al.* (2009) en el cultivo del frijol variedad “EVG – 6” donde se aplicó fertilizante al suelo además de zeolita.

Posiblemente también estos resultados se deban a que la zeolita utilizada en el experimento no fue tan rica en algunos minerales esenciales para la planta como algunas que existen en el mercado como fueron las empleadas por Jun-Xi *et al.* (2010) quienes utilizaron zeolita enriquecida con nitrógeno, potasio y otros minerales en el cultivo de chile picoso.

## DIÁMETRO DE TALLO

En las plántulas de coliflor un diámetro grande es importante para brindar un adecuado soporte, así mismo favorecerá al momento del trasplante. En este experimento no se observó diferencia significativa al realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) sin embargo se observó una ligera diferencia numérica en el tratamiento T4 como se observó en la Figura 6, Cuadro A17 y Cuadro A18.



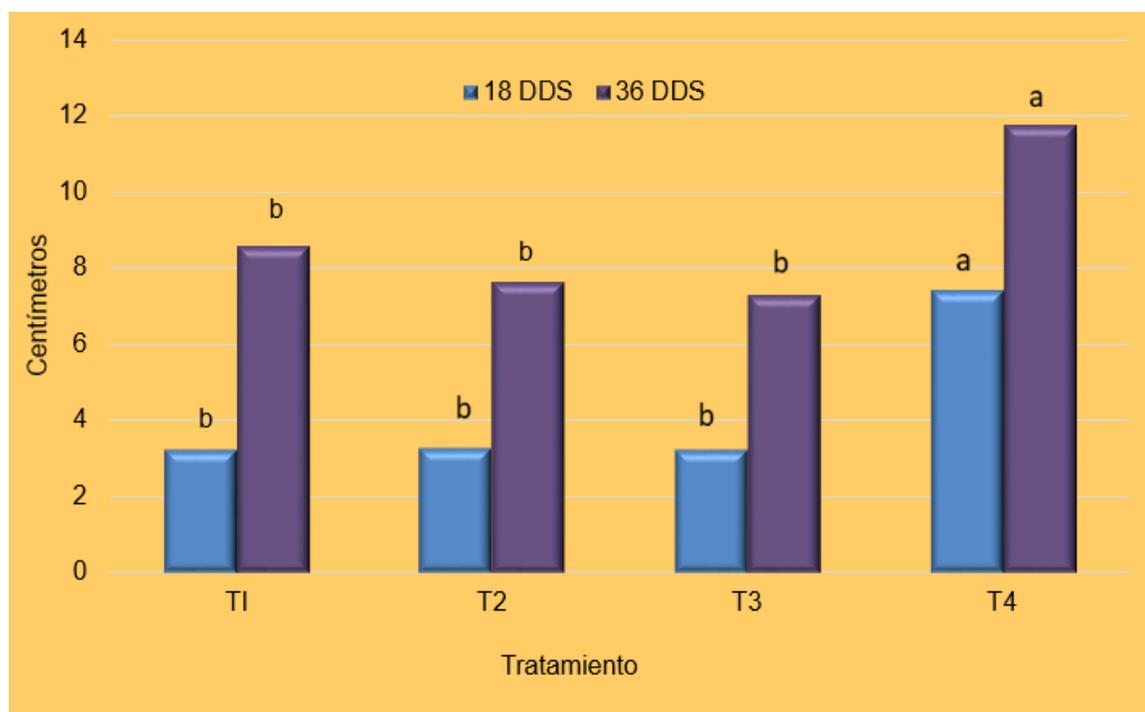
**Figura 6.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable diámetro de tallo en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

## ALTURA DE PLÁNTULA

En esta variable al realizar en análisis de varianza y comparación de medias se observó diferencia significativa en las evaluaciones realizadas a los 18 DDS y a los 36 DDS (Figura 7 y Cuadro A19 al A22). Se obtuvo que el tratamiento 4 el cual se elaboró con un 60% Peat moss + 10% Lombricomposta y 30 % Zeolita fue el que proporcionó la mayor altura con 7.38 y 11.78 cm lo que representa un

incremento del 129 % y 137% respectivamente en comparación el tratamiento testigo (60% de peat moss + 20% vermiculita y 20% perlita).

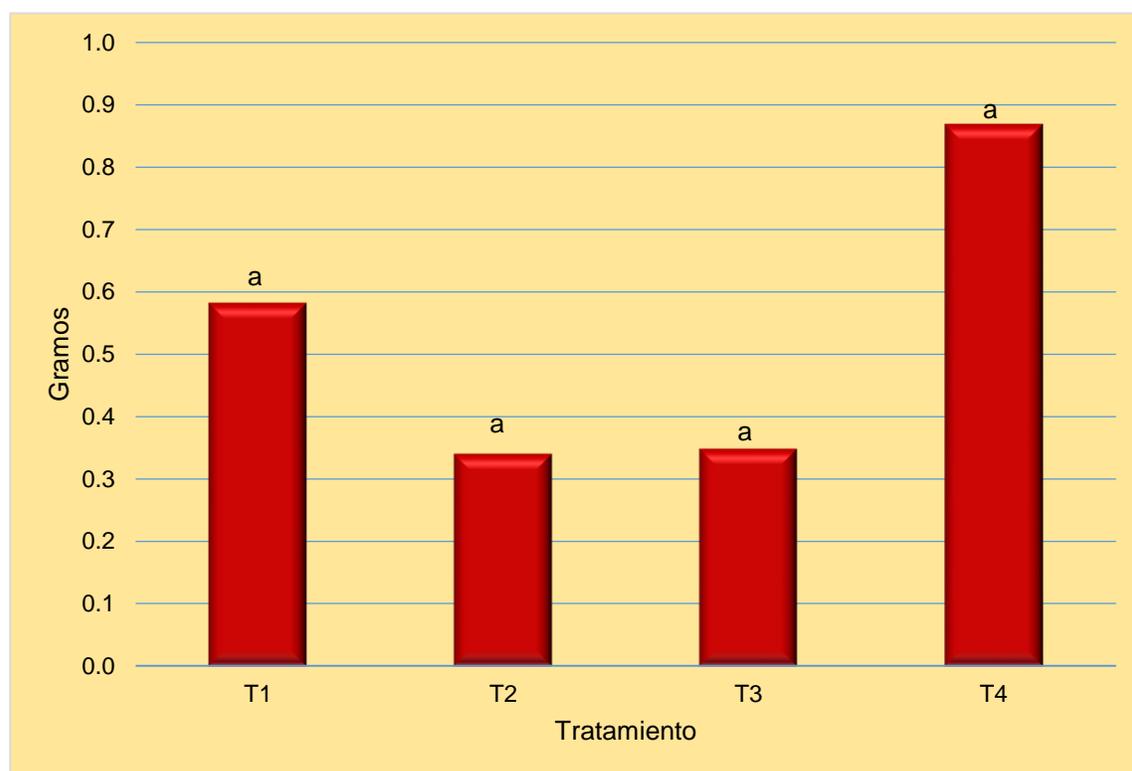
PYMERURAL (2011) menciona que para lograr una excelente altura de planta, el sustrato debe ser rico en nutrientes, con buena estructura (aireación y filtración), un pH adecuado y buena retención de humedad. También, se logra un mejor peso como producto de un mayor tamaño de las hojas y su desarrollo superior. Y por lo que se observó en este experimento, la zeolita no presentó los suficientes nutrientes para alcanzar una mayor altura de planta contrario a lo reportado por Leiva (2010), Soca-Nuñez y Daza-Torres (2016), Obregón-Portocarrero *et al* (2016), Villareal-Nuñez *et al.* (2015) y Díaz *et al.* (2009). Quienes además de utilizar zeolita utilizaron otras fuentes de nutrimentos.



**Figura 7.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable altura de plántula de coliflor a los 18 y 36 días después de la siembra (DDS). T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

## PESO FRESCO DE VÁSTAGO

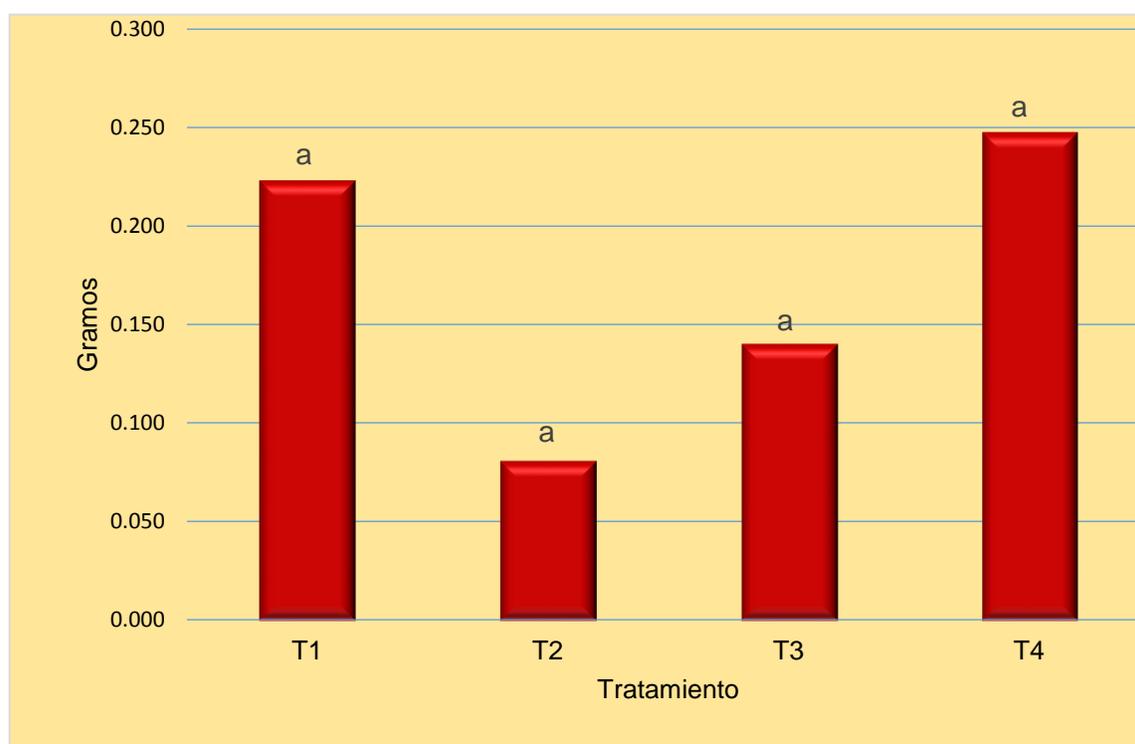
En este experimento no se observó diferencia significativa en la variable peso de vástago al realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), sin embargo, se observó una ligera diferencia numérica en el tratamiento 4 que se formó con un 60% peat moss + 10% lombricomposta y 30 % de zeolita como se observó en la Figura 8, Cuadro A23 y A24 ya que se observó que fue el tratamiento que formó un mayor número de hojas.



**Figura 8.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso fresco de vástago en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

## PESO FRESCO DE RAÍZ

Para esta variable tampoco se diferencia significativa al realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) sin embargo se observó una ligera diferencia numérica en el tratamiento 4 que se formo con un 60% peat moss + 10% lombricomposta y 30 % de zeolita seguido del tratamiento uno conformado con 60 % de peat moss + 20 % de perlita +20 % de vermiculuta como se observá en la Figura 9, Cuadro A25 y Cuadro A26.



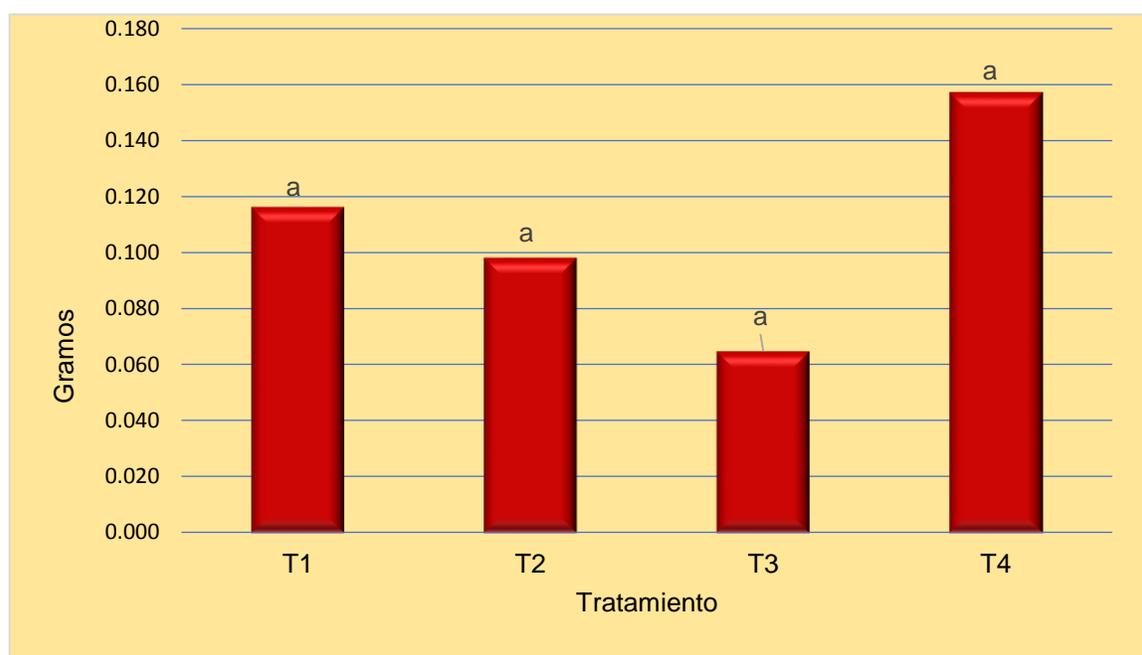
**Figura 9.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso fresco de raíz en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

En la medida en que las raíces son más largas, hay más oportunidad de que éstas tengan un mayor contacto y consuman los nutrientes del sustrato, lo que favorecerá el desarrollo y el crecimiento adecuado de las otras estructuras

vegetativas de las plántulas, como el peso del área foliar, número de hojas y diámetro del tallo (PYMERURAL, 2011).

## PESO SECO DEL VÁSTAGO

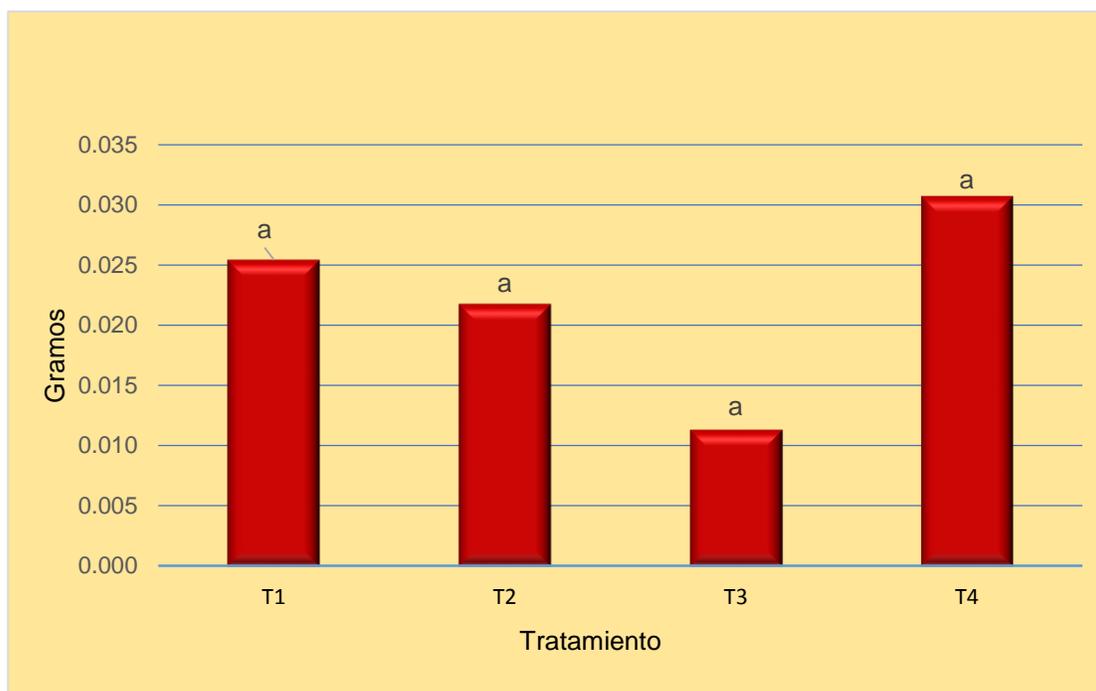
Para esta variable tampoco se obtuvo diferencia significativa al realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), sin embargo, se observó una ligera diferencia numérica en el tratamiento 4 que se formó con un 60% peat moss + 10% lombricomposta y 30 % de zeolita seguido del tratamiento uno conformado con 60 % de peat moss + 20 % de perlita +20 % de vermiculuta como se observó en la Figura 10, Cuadro A27 y A28.



**Figura 10.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso seco del vástago en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

## PESO SECO DE LA RAÍZ

Para esta variable tampoco se diferencia significativa al realizar el análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), sin embargo, se observó una ligera diferencia numérica en el tratamiento 4 que se formó con un 60% peat moss + 10% lombricomposta y 30 % de zeolita seguido del tratamiento 1 conformado con 60 % de peat moss + 20 % de perlita +20 % de vermiculita como se observó en la Figura 11, Cuadro A29 y Cuadro A30.



**Figura 11.** Efecto de la zeolita en mezclas de sustratos en la variable peso seco de la raíz en plántulas de coliflor. T1. 60 % peat moss + 20 % perlita + 20 % vermiculita. T2. 70 % peat moss + 10 % perlita + 20% zeolita. T3. 70 % peat moss + 30 % zeolita. T4. 60 % peat moss + 10 % lombricomposta + 30% zeolita.

Si bien PYMERURAL (2011) mencionan que en la medida que haya una mayor área foliar y un mejor peso radicular, se reducirán los días de establecimiento en el invernadero, mejorando así la eficiencia y competitividad y, por ende, los costos es importante la incorporación de fuentes adicionales de nutrientes como la lombricomposta.

Si bien hay reportes de que la zeolita hace más eficiente el uso de fertilizantes es importante la fuente de los mismos. Hay reportes que igual se pueden combinar con fertilizantes minerales al igual que abonos orgánicos los cuales pueden aportar grandes beneficios a las producción agrícola abriendo la ventana a posibilidades como la zeoponia u organopónia.

## V. CONCLUSIÓN

Si bien hay reportes que indican que la zeolita puede ser un fertilizante de lenta liberación con muchas otras propiedades o puede ser un sustrato, y puede ir solo o combinado con otras fuentes de nutrientes. En este estudio se obtuvo que la zeolita al incorporarse en mezclas de sustratos comerciales en la producción de plántula de coliflor en invernadero, requirió de una fuente de nutrientes adicional como fue la de lombricomposta. El tratamiento formulado con 60 % de peat moss + 10 % de lombricomposta +30 % de zeolita fue el que propició una mayor y más rápida formación de hojas verdaderas y una mayor altura de plántula.

## VI. LITERATURA CITADA

- Ansorena M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Amando , O. 2018. *Ordas\_Coliflor*. Obtenido de DIGITAL.CSIC ciencia abierta: (Consulta, 12 de 02 de 2021)  
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/166918/1/Ordas\\_Coliflor.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/166918/1/Ordas_Coliflor.pdf)
- Bosch P. y Schifter I. 1998. La zeolita una piedra que hierve. La ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Blandón, L. 2008. Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. Obtenido de Biblioteca Wilson Popenoe: (Consulta 12 de abril de 2021)  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/849/1/T2552.pdf>
- Carlino, J. L., K. A. Williams, and E. R. Allen 1998. Evaluation of zeolite-based soilless root media for potted Chrysanthemum production. HortTechnology 8: 373-378.
- Chaveli Ch. P., Barroso G. R. y Mendoza R. L. 2013. Empleo de la zeolita natural como complemento del abonado orgánico en el cultivo de hortalizas en sustratos de organopónicos. Agrisost 19:73-81.
- Cortés, A. C. 2009. LaImportanciaDeLasZeolitas-3760692%20(10).pdf. Obtenido de Universidad de Salamanca. (Consulta 12 de 02 de 2021)  
C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-LaImportanciaDeLasZeolitas-3760692%20(11).pdf
- Cosío-Ruiz, C. 2007. Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. Obtenido de Red de revistas científicas de Acceso Abierto no comercial propiedad de la academia: (Consulta 03 de junio de 2021)  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3605/360550545007/html/index.html>

- Díaz A. H. D., Gonzalez L.R. y Abreu C. E. O. 2019. Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Ctro. Agr.* vol.46 no.1 .  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000100024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000100024)
- Díaz C. G. T., Sánchez M. F. D., Llerera R. L.T., Vásconez M. G. H. 2009. Empleo de zeolitas naturales en la fertilización y producción del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Quevedo. *Ciencia y Tecnología* 3: 1-6. file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EmpleoDeZeolitasNaturalesEnLaFertilizacionYProduccion-4053183.pdf
- Harland J., Lane S. and Price D. 1999. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop. *Acta Hort.* 481: 187-196.
- Hernández A. V., & Zetina L. R. 2019. *Uso de zeolita para reducir costos de fertilización química en agricultura.* (Consulta 11 de 01 de 2021). Obtenido de <http://www.hospitalbarrosluco.cl/wp-content/uploads>
- Jiménez C. M. J. 2006. 37022042. *CARACTERIZACIÓN DE MINERALES.* Obtenido de Sistema Internacional de Información Nuclear (INIS). (Consulta 02 de 02 de 2021).  
[https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/37/022/37022042.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/022/37022042.pdf)
- Jorge E., J. M. 2007. 42860\_47111%20(3 *El Cultivo de las crucíferas.* Obtenido de Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. (Consulta 14 de 02 de 2021)  
C:/Users/DELL/Downloads/42860\_47111%20(3).pdf
- Jun-Xi Li, Chi-Do Wee, and Bo-Kyoon Sohn. 2010. Growth Response of Hot Pepper Applied with Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and Potassium (K<sup>+</sup>)-Loaded Zeolite. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5): 741-747.  
<https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201020842653689.pdf>
- Leiva, J. G. 2010. *Zeolita natural como mejoramiento de suelos y optimización de fertilizantes.* (Consulta 18 de 01 de 2021). Obtenido de Ganadería:

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/zeolita-natural-mejoramiento-de-suelos-t28411.htm>

Lino M. A. 2014. *manual-de-lombricomposta-padrecitozesati-a-manual-de-lombricomposta-.html*. Obtenido de Documents: (Consulta 03 de febrero de 2021). <https://vdocuments.mx/manual-de-lombricomposta-padrecitozesati-a-manual-de-lombricomposta-.html>

Londoño Benítez, L. M., Chica Toro, F., & Álvarez Herrera, M. I. 2015. *La zeolita en la mitigación ambiental*. Obtenido de Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas. (Consulta 17 de 02 de 2021). <http://www.redalyc.org/pdf/695/69530106.pdf>.

Ordas P. A. 2001. *Coliflor*. España: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Obtenido de Coliflor.

Obregón-Portocarrero N., Díaz-Ortiz J. E., Daza-Torres M. C. y Aristizabal-Rodríguez H.F. Efecto de la aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. *Acta Agron.* (2016) 65 (1) p 24-30. <http://www.scielo.org.co/pdf/acaq/v65n1/v65n1a04.pdf>

Paredes Melesio, R., María Ramírez, A., Osuna Ceja, E. S., Alamilla Gómez, P., & Mandujano Bueno, A. 2013. *Zeolita\_Natural\_Alternativa\_ecologica\_y\_economica\_para\_la\_agricultura\_de\_temporal\_en\_Mexico*. Obtenido de Descubra el conocimiento científico y manténgase conectado con el mundo de la ciencia. (Consulta 21 de 02 de 2021). [https://www.researchgate.net/publication/336132417\\_Zeolita\\_Natural\\_Alternativa\\_ecologica\\_y\\_economica\\_para\\_la\\_agricultura\\_de\\_temporal\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/336132417_Zeolita_Natural_Alternativa_ecologica_y_economica_para_la_agricultura_de_temporal_en_Mexico)

PYMERURAL. 2011. Plántulas de invernadero. Serie producción orgánica de hortalizas de clima templado. Honduras. 35 p. <https://www.metrocert.com/files/plantulas%20de%20invernadero.pdf>

Soca-Nuñez M., y Daza-Torrez C. 2016. Evaluación de fracciones granulométricas y sosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia* 50: 965-976.

Urbina-Sánchez E., Baca-Castillo G. A., Núñez-Escobar R., Colinas-León M. T., Tijerina-Chávez L. y Tirado-Torres. 2011. Zeolita como sustrato en el cultivo hidropónico de gerbera. *Terra Latinoam* 29(4): 387-394.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000400387](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400387)

V. A. A. & A. S. 2003. *Sustratos-para-Viveros*. Obtenido de CROPPROTECTION: (Consulta 24 de 02 de 2021) <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>

Villarreal-Núñez J. E., Barahona-Amores L. A., Castillo-Ortiz O. A. 2015. Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz. *Agron. Mesoam*. 26(2):315-321  
[http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v26n02\\_315.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v26n02_315.pdf)

Zamora E. 2016. El cultivo de la coliflor. Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-013. Universidad de Sonora. 9 p.  
<https://dagus.unison.mx/Zamora/COLIFLOR-DAG-HORT-013.pdf>

Zalamanca, A. 2008. Almacigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. Obtenido de Centro nacional de investigacion de cafe, Cenicafe Chinchina,Caldos,Ccolombia: (Consulta 06 de junio de 2021) [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059\(02\)091-102.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059(02)091-102.pdf)

## APÉNDICE

**Cuadro A1.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 63.96540000       | 21.32180000          | 9.82    | 0.0047* |
| Error               | 8        | 17.37446667       | 2.17180833           |         |         |
| Total               | 11       | 81.33986667       |                      |         |         |
| C.V.                | 62.79996 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A2.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 6.277 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 1.467 | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 1.297 | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.347 | B                  |
| DSM                   | 3.8533                                       |       |                    |

**Cuadro A3.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 1 hoja a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 8045.975092       | 2681.991697          | 12.37   | 0.0023* |
| Error               | 8        | 1734.510533       | 216.813817           |         |         |
| Total               | 11       |                   |                      |         |         |
| C.V.                | 29.85674 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A4.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 1 hoja a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 51.86 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 71.43 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 67.67 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 6.31  | B                  |
| DSM                   | 38.5                                         |       |                    |

**Cuadro A5.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 8453.50829        | 2817.83610           | 12.74   | 0.0020* |
| Error               | 8        | 1769.25860        | 221.15732            |         |         |
| Total               | 11       | 10222.76689       |                      |         |         |
| C.V.                | 30.76674 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A6.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 18 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 41.87 | B                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 27.10 | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 31.03 | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 93.34 | A                  |
| DSM                   | 38.884                                       |       |                    |

**Cuadro A7.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 322.213758        | 107.404586           | 1.24    | 0.3581ns |
| Error               | 8        | 694.035667        | 86.754458            |         |          |
| Total               | 11       | 1016.249425       |                      |         |          |
| C.V.                | 62.81711 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A8.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 0 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media  | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 23.237 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 13.333 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 13.667 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 9.073  | A                  |
| DSM                   | 24.354                                       |        |                    |

**Cuadro A9.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 140.5796000       | 46.8598667           | 12.33   | 0.0023* |
| Error               | 8        | 30.4138667        | 3.8017333            |         |         |
| Total               | 11       | 170.9934667       |                      |         |         |
| C.V.                | 50.55670 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A10.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 2 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 9.093 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 1.333 | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 4.667 | AB                 |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.333 | B                  |
| DSM                   | 5.0982                                       |       |                    |

**Cuadro A11.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 3 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 4126.677367       | 1375.559122          | 6.39    | 0.0161* |
| Error               | 8        | 1721.131600       | 215.141450           |         |         |
| Total               | 11       | 5847.808967       |                      |         |         |
| C.V.                | 31.05042 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A12.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 3 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 45.29 | AB                 |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 62.67 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 63.33 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 17.66 | B                  |
| DSM                   | 38.352                                       |       |                    |

**Cuadro A13.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 4 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 5672.241867       | 1890.747289          | 18.34   | 0.0006* |
| Error               | 8        | 824.581133        | 103.072642           |         |         |
| Total               | 11       | 6496.823000       |                      |         |         |
| C.V.                | 30.17976 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A14.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 4 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media  | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 22.380 | B                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 22.667 | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 18.333 | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 71.180 | A                  |
| DSM                   | 26.546                                       |        |                    |

**Cuadro A15.** Análisis de varianza de la variable número de plántulas con 5 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 6.89062500        | 2.29687500           | 21.00   | 0.0004* |
| Error               | 8        | 0.87500000        | 0.10937500           |         |         |
| Total               | 11       | 7.76562500        |                      |         |         |
| C.V.                | 75.59289 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A16.** Comparación de medias de la variable número de plántulas con 5 hojas a los 36 días después de la siembra (DDS) con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media  | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0      | B                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0      | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 0      | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 1.7500 | A                  |
| DSM                   | 0.8647                                       |        |                    |

**Cuadro A17.** Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 0.21553333        | 0.07184444           | 3.11    | 0.0888ns |
| Error               | 8        | 0.18505867        | 0.02313233           |         |          |
| Total               | 11       | 0.40059200        |                      |         |          |
| C.V.                | 14.76633 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A18.** Comparación de medias de la variable diámetro de tallo con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media  | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0.9733 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0.8833 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 1.0167 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 1.2467 | A                  |
| DSM                   | 0.3977                                       |        |                    |

**Cuadro A19.** Análisis de varianza de la variable altura de plántula a los 18 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 38.85673333       | 12.95224444          | 29.08   | 0.0001* |
| Error               | 8        | 3.56273333        | 0.44534167           |         |         |
| Total               | 11       | 42.41946667       |                      |         |         |
| C.V.                | 15.64076 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A20.** Comparación de medias de la variable altura de plántula a los 18 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media  | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 3.2200 | B                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 3.2500 | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 3.2133 | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 7.3833 | A                  |
| DSM                   | 1.7449                                       |        |                    |

**Cuadro A21.** Análisis de varianza de la variable altura de plántula a los 36 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F    |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Tratamiento         | 3        | 37.81449167       | 12.60483056          | 16.43   | 0.0009* |
| Error               | 8        | 6.13680000        | 0.76710000           |         |         |
| Total               | 11       | 43.95129167       |                      |         |         |
| C.V.                | 9.925498 |                   |                      |         |         |

\*Significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A22.** Comparación de medias de la variable altura de plántula a los 36 DDS con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media   | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 8.6000  | B                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 7.6267  | B                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 7.2867  | B                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 11.7833 | A                  |
| DSM                   | 2.2901                                       |         |                    |

**Cuadro A23.** Análisis de varianza de la variable peso fresco del vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 0.05309167        | 0.01769722           | 2.56    | 0.1281ns |
| Error               | 8        | 0.05533333        | 0.00691667           |         |          |
| Total               | 11       | 0.10842500        |                      |         |          |
| C.V.                | 48.21246 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A24.** Comparación de medias de la variable peso fresco de la vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media   | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0.22333 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0.08000 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 0.14000 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.24667 | A                  |
| DSM                   | 0.2175                                       |         |                    |

**Cuadro A25.** Análisis de varianza de la variable peso fresco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 0.05309167        | 0.01769722           | 2.56    | 0.1281ns |
| Error               | 8        | 0.05533333        | 0.00691667           |         |          |
| Total               | 11       | 0.10842500        |                      |         |          |
| C.V.                | 48.21246 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A26.** Comparación de medias de la variable peso seco de la raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media   | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0.22333 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0.08000 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 0.14000 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.24667 | A                  |
| DSM                   | 0.2175                                       |         |                    |

**Cuadro A27.** Análisis de varianza de la variable peso seco de vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 0.05309167        | 0.01769722           | 2.56    | 0.1281ns |
| Error               | 8        | 0.05533333        | 0.00691667           |         |          |
| Total               | 11       | 0.10842500        |                      |         |          |
| C.V.                | 48.21246 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A28.** Comparación de medias de la variable peso seco de vástago con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media   | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0.22333 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0.08000 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 0.14000 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.24667 | A                  |
| DSM                   | 0.2175                                       |         |                    |

**Cuadro A29.** Análisis de varianza de la variable peso seco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Fuente de variación | DF       | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F     |
|---------------------|----------|-------------------|----------------------|---------|----------|
| Tratamiento         | 3        | 0.00046667        | 0.00015556           | 3.11    | 0.0885ns |
| Error               | 8        | 0.00040000        | 0.00005000           |         |          |
| Total               | 11       | 0.00086667        |                      |         |          |
| C.V.                | 30.30458 |                   |                      |         |          |

ns=no significativo al  $P \geq 0.05$

**Cuadro A30.** Comparación de medias de la variable peso seco de raíz con la aplicación de zeolita en mezclas de sustratos en la producción de plántulas de coliflor en invernadero.

| Número de tratamiento | Descripción de tratamiento                   | Media    | Agrupamiento Tukey |
|-----------------------|----------------------------------------------|----------|--------------------|
| 1                     | 60% peat moss+20% perlita+20% vermiculita    | 0.026667 | A                  |
| 2                     | 70% peat moss+10% perlita+20% zeolita        | 0.023333 | A                  |
| 3                     | 70% peat moss+30% zeolita                    | 0.013333 | A                  |
| 4                     | 60% peat moss+10% lombricomposta+30% zeolita | 0.030000 | A                  |
| DSM                   | 0.0185                                       |          |                    |