

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Titulo

**Comportamiento de Zeolita y Ácidos Húmicos en la Estabilidad de
Agregados de un Andosol y en la calidad del Rábano**

Por:

EDWIN VUELVAS AGUILAR

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Título

Comportamiento de Zeolita y Ácidos Húmicos en la Estabilidad de
Agregados de un Andosol y en la calidad del Rábano

Por:

EDWIN VUELVAS AGUILAR

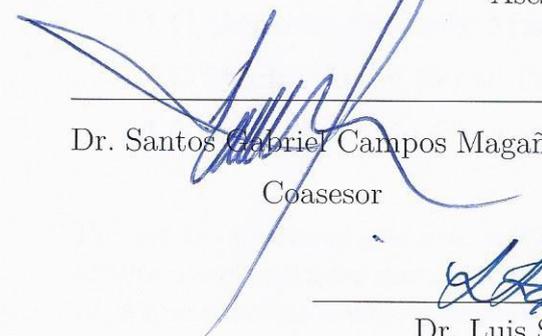
TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por:


Dr. Rubén López Cervantes
Asesor Principal


Dr. Santos Gabriel Campos Magaña
Coasesor


Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor


Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Octubre del 2015

Coordinación de
Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme vivir, porque siempre está conmigo guiandome y cuidandome.

A mi **Familia**; porque ellos son mi razon de existir, mi fortaleza, mi soporte, mi inspiracion y porque sin duda alguna, sin ellos seria mas que nada. Gracias por su apoyo en todos los sentidos. ¡Los quiero mucho!

A mi **Alma Terra Mater**; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas y brindarme las facilidades de formarme como profesionista, porque me llevo todas las cosas buenas que me dejaron las enseñanzas tanto profesionales como personales. ¡Gracias mi querida *Alma Mater*!

A mi **Asesor, Dr. Rubén López Cervantes** por su incondicional apoyo, enseñanza y paciencia durante la tesis. Por ayudarme en este proyecto, por su amistad y por la gran persona que lo caracteriza.

A mi **Coasesor, Dr. Edmundo Peña Cervantes** por sus asertivos consejos, por el apoyo inmediato que me brindo en la revision y estructura de este proyecto, por su apoyo incondicional y su amistad. Gracias.

A todos mis **Maestros**, en especial a:

Dr. Rolando Cavazos Cadena

M.C Gerardo Sánchez Martínez

M.C Héctor Uriel Serna Fernández

M.C Juan Antonio Guerrero Hernández

Por ser las personas que más influyeron en mi formacion académica; personas altamente preparadas que compartieron sus conocimientos, consejos y aptitudes para que nosotros como estudiantes podamos enfrentar los retos y adversidades que se nos presenten. Muchas gracias por ser excelentes profesionistas y sobre todo, excelentes personas.

A mis buenos **Amigos**:

Antuan Cano Ventura, Ausencio Teran Olivares, Edgardo Nicolas Gonzalez, Gerardo Sanchez Martinez, Jesús Alberto Jiménez Gómez, Jesús Martínez Martínez, José de Jesús Márquez Urías, José Oliver Jiménez Gomez, Jorge Alberto Bravo Vazquez, Mario Molina Navarro, Michel Torres Santoyo, Miguel Ángel Bravo Vázquez, Rafael Altamirano Morales, Silverio Bravo Vázquez y Teodoro Teran Olivares.

Por todos esos buenos momentos que siempre pasamos juntos, por los no tan buenos en donde nos apoyamos mutuamente para salir adelante, y por su amistad sincera y desinteresada. Se les aprecia mucho y siempre se les recordara. ¡Gracias por todo!

A mis **Compañeros**; a la generación CXVIII, con los cuales compartimos buenos y malos momentos, pero al final de cuentas siempre con la vista hacia nuestro objetivo común, apoyándonos y compartiendo conocimientos para alcanzar nuestras metas.

A mi **Esposa**

Ruth Martínez Lopez

Por todos sus consejos y cariño, por ser una mujer comprometida, sincera, tolerante y por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos que hemos tenidos que pasar. Por tus enseñanzas, por tu infinito tiempo y por ser la mujer mas completa que he conocido y que conoceré. Por todo eso y mas, Gracias Chaman.

DEDICATORIA

A mis **Padres**:

Esther Aguilar Terrones

y

Crispín Vuelvas Catalan (†)

Ustedes que lo son todo, padres ejemplares que solo se dedicaron a sus hijos por completo, por preocuparse siempre de nuestro bienestar y porvenir. Por sus enseñanzas, por educarnos, por sus valores y por todo su amor y apoyo siempre. Éste trabajo es de ustedes y para ustedes, porque como siempre lo he dicho, todos nuestros logros son sus logros y nuestros fracasos son solo nuestros, porque ustedes siempre nos enseñaron a hacer las cosas bien y a dar lo mejor de nosotros siempre. ¡Se les quiere y se les admira demasiado!

A mis **Hermanos**: Dorian, Yohaly de Jesús y Yunuhen; por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, por todos los buenos momentos que hemos pasado juntos y los muy malos que seguimos superando, porque simplemente son mi familia y por consecuencia, lo son todo; porque los quiero y deseo lo mejor para ustedes siempre. ¡Gracias por ser mi familia!

A mi **Familia** en general; porque siempre han creído en mí, por todo su apoyo, por su cariño, por sus excelentes consejos y porque siempre nos inculcaron los buenos hábitos, valores y pensamientos.

A mi **Esposa**; porque siempre me motiva a seguir adelante en todo lo que nos planteamos, por todo su cariño, amor y paciencia que ha tenido durante este largo proceso escolar, porque éste trabajo es de ella y de mi familia; y porque esto es sólo el inicio de una larga vida de retos, oportunidades, metas y logros juntos.

Índice

I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
2.1	General	3
2.2	Específico	3
III	HIPÓTESIS	3
IV	REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1	El Rábano	4
4.2	Los Ácidos Húmicos	8
4.3	Los Andosoles	11
4.4	La Zeolita	13
4.5	Estabilidad de Agregados del Suelo	15
V	MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1	Localización del Área Experimental	17
5.2	Metodología	17
VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
6.1	Peso Fresco de Bulbo (PFB)	19
6.2	Peso Fresco de Raíz (PFR)	20
6.3	Peso Fresco de Hoja (PFH)	22
6.4	Peso Seco de Bulbo (PSB)	23
6.5	Peso Seco de Raíz (PSR)	24
6.6	Peso Seco de Hoja (PSH)	26
6.7	Longitud de Raíz (LR)	27
6.8	Firmeza de Bulbo (FMZA)	29
6.9	Diámetro Polar (DP)	30
6.10	Diámetro Ecuatorial (DE)	31
6.11	Porcentaje de Arena (%ARENA)	32
6.12	Porcentaje de Arcilla (%ARCILLA)	33
6.13	Porcentaje de Limo (%LIMO)	34
6.14	Estabilidad de Agregados	35
6.15	pH del Suelo tipo Andosol (pH)	36
6.16	Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O)	38
6.17	Conductividad Eléctrica (C.E)	39
6.18	Sólidos Solubles Totales (S.S.T)	41
6.19	DISCUSIÓN	42

VII CONCLUSIONES	44
VIII LITERATURA CITADA	45
IX PÁGINAS WEB CONSULTADAS	50

Índice de cuadros

1	Descripción de tratamientos	18
2	Análisis de varianza de PFB	19
3	Análisis de varianza de PFR	20
4	Comparativa de medias de Tukey de PFR	20
5	Análisis de varianza de PFH	22
6	Análisis de varianza de PSB	23
7	Análisis de varianza de PSR	24
8	Comparativa de medias de Tukey de PSR	24
9	Análisis de varianza de PSH	26
10	Análisis de varianza de LR	27
11	Comparativa de medias de Tukey de LR	27
12	Análisis de varianza de FMZA	29
13	Análisis de varianza de DP	30
14	Análisis de varianza de DE	31
15	Análisis de varianza de %ARENA	32
16	Análisis de varianza de %ARCILLA	33
17	Análisis de varianza de %LIMO	34
18	Análisis de varianza de %AG	35
19	Análisis de varianza de pH	36
20	Comparativa de medias de Tukey de pH	36
21	Análisis de varianza de %M.O	38
22	Análisis de varianza de C.E	39
23	Comparativa de medias de Tukey de C.E	39
24	Análisis de varianza de S.S.T	41

Índice de figuras

1	Subespecies de <i>Raphanus sativus</i> L.	5
2	Esquema de los horizontes del suelo	11
3	Gráfica de medias de PFB	19
4	Gráfica de medias de PFR	21
5	Gráfica de medias de PFH	22
6	Gráfica de medias de PSB	23
7	Gráfica de medias de PSR	25
8	Gráfica de medias de PSH	26
9	Gráfica de medias de LR	28
10	Gráfica de medias de FMZA	29
11	Gráfica de medias de DP	30
12	Gráfica de medias de DE	31
13	Gráfica de medias de %ARENA	32
14	Gráfica de medias de %ARCILLA	33
15	Gráfica de medias de %LIMO	34
16	Gráfica de medias de %AG	35
17	Gráfica de medias de pH	37
18	Gráfica de medias de %M.O	38
19	Gráfica de medias de C.E	40
20	Gráfica de medias de S.S.T	41

Resumen

Con el objetivo de determinar el comportamiento de dos Zeolitas y ácidos húmicos en la estabilidad de agregados de un Andosol de Zamora, Michoacán y en la calidad del rábano, se trasplantaron en macetas que contenían 1 kg del suelo mencionado, plantulas de rabano de la variedad “Champion”; se adicionaron dos Zeolitas [Clinoptilolita natural granulada y Clinoptilolita granulada, enriquecida con Amonio (NH_4^+)] a las dosis de 0, 4, 8, 10, 25, 50, 75 y 100 g kg^{-1} de suelo y 4 ml de ácidos húmicos de Leonardita a cada maceta, excepto al testigo. Las variables evaluadas al suelo fueron: porcentaje de arena (%ARENA), de arcilla (%ARCILLA), de limo (%LIMO), estabilidad de agregados (%AG), materia orgánica (%M.O), pH y conductividad eléctrica (C.E). A la planta: peso fresco (PFB) y seco (PSB) del bulbo, peso fresco (PFR) y seco (PSR) de raíz, peso fresco (PFH) y seco (PSH) de hoja, longitud de raíz (LR), diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) del bulbo, firmeza del bulbo (FMZA) y sólidos solubles totales (S.S.T). Los resultados arrojaron que las diferentes dosis, no realizaron efecto significativo en la mayoría de las variables; sin embargo, de forma gráfica se apreció que las dosis de clinoptilolita natural granulada realizaron efecto en la mayoría de las variables evaluadas al suelo y las diferentes dosis de clinoptilolita granulada enriquecida con Amonio (NH_4^+), demostraron tener mayor impacto positivo en las variables evaluadas a la planta. Se concluye que la clinoptilolita natural granulada (Zeolita 1), realizó efecto significativo en las variables medidas al suelo; mientras que la clinoptilolita granulada enriquecida con amonio (Zeolita 2), lo efectuó en las variables medidas a la planta.

PALABRAS CLAVE: Clinoptilolita; Sustancias húmicas; Estabilidad de

Correo electronico; Edwin vulvas Aguilar, edwin.track@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los Andosoles, ocupan aproximadamente el uno por ciento de todos los suelos del mundo que están libres de hielo. El término se deriva del japonés “an” que significa negro y “do”, que significa suelo, y se caracterizan porque su material original son cenizas volcánicas, se ubican fundamentalmente en áreas montañosas y onduladas, poseen gran cantidad de complejos órgano-minerales y silicatos amorfos (Alofanos), lo que produce suelos con pH de ligeramente ácidos a ácidos, donde domina el hierro (Fe) y el aluminio (Al) (Shoji *et al.*, 1993). Estos mismos autores dicen que el uso agrícola de estos suelos depende de las características físicas, las que están en función del material original y son: textura arenosa, dificultad en la dispersión de arcillas, baja densidad aparente, alta capacidad de retención hídrica acompañada de una alta permeabilidad y alta porosidad.

En México, con el auge de la agricultura sostenible y/o sustentable, el uso de compuestos naturales, es decir, no de síntesis química; con fines de mejorar los suelos y como fuente de nutrientes, va en aumento. Los materiales más empleados son los de origen orgánico, entre los que destacan los compost de muy diverso origen y las Sustancias Húmicas (SH) tanto sólidas como líquidas cita la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2005). La Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (2013), dice que las SH, son una mezcla compleja y heterogénea de materiales orgánicos polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación). La lignina de las plantas y sus productos de transformación como los polisacáridos, melanina, cutina, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, son importantes componentes en este proceso y Stevenson (1984), las clasifica en: Ácidos Húmicos (AH), Ácidos Fúlvicos (AF) y Huminas Residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

Los Ácidos Húmicos, generan condiciones favorables en los suelos, especialmente en aquellos que presentan malas condiciones físicas, incluso en cultivos hidropónicos son utilizados exitosamente para amortiguar el pH y la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas. Aparte de los compuestos ya mencionados, el empleo de la Zeolita como mejorador de suelos y como fuente de algunos nutrimentos, se ha generalizado; son minerales aluminosilicatados micro-porosos y se caracterizan porque su estructura está compuesta por un tetraedro, constituido por cuatro átomos de oxígeno y un cation, que puede ser potasio (K), sodio, (Na) y/o calcio (Ca); además, se han determinado aproximadamente 50 diferentes tipos de Zeolitas naturales y 150 sintéticas, las cuales tienen una gran cantidad de usos en la industria, el medio ambiente y en la agricultura.

En México, durante el año 2005, se sembraron 498, 265 has. de hortalizas, de las cuales 24, 725 has. fueron orgánicas, lo que equivalió al cinco por ciento del total cosechado (Gomez *et al.*, 2005). El rábano representó el 0.15 por ciento de todas las hortalizas, con un rendimiento promedio de 6.3 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2005); es rico en vitamina C, es antioxidante, inhibe las células cancerígenas, favorece la digestión de los alimentos, es rico en fibras y bajo en calorías, es diurético y evita los colicos del riñón, ayuda a cicatrizar heridas y es un alimento usado en ensaladas (Hernández *et al.*, 1987); pero este cultivo es muy susceptible a las deficiencias de Calcio (Morschner, 1995).

Por lo anterior comentado, los Andosoles se caracterizan por poseer baja estabilidad de agregados y baja fertilidad nativa; por lo que se hace necesaria la búsqueda de métodos y/o técnicas económica y ecológicamente factibles para estabilizar la estructura de estos suelos y así proveer a la planta de elementos básicos como el K y el Ca, con el fin de aumentar la calidad de los cultivos.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar el comportamiento de Zeolita y ácidos húmicos en la estabilidad de agregados de un Andosol y en la calidad del rábano.

2.2. Específico

Establecer la dosis óptima de Zeolita que aumente la estabilidad de agregados de un Andosol y mejore la calidad del rabano.

III. HIPÓTESIS

Al menos una dosis de Zeolita aumenta la estabilidad de agregados del Andosol y mejora la calidad del rabano.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El Rábano

El origen de los rábanos ha tenido mucha discusión, hay quienes suponen que es originario de China, que de ahí se expandió a la region Mediterranea antes de los tiempos griegos y al nuevo mundo a principios del siglo XVI. La especie *Raphanus sativus* L. comprende dos subespecies: la *R. sativus Parvus*, o rabanito y la *R. sativus Majo* o rabano, cuya diferencia estriba en el diametro de sus raíces, en el primero no pasa de los 4 cm, mientras que el segundo, con frecuencia supera los siete. Algunos autores sostienen que el *R. sativus* se origina del *Raphanistrum* o rabano silvestre, lo cual es inaceptable cuando se estudian los órganos florales, base de la clasificación botánica (Tiscornia, 1988).

Es una planta anual; de piel de color rojo, rosado, blanco u oscuro según la variedad; posee hojas basales, pecioladas, lamina lobulada con uno a tres pares de segmentos laterales con bordes dentados. El rabano se desarrolla bien en climas templados, aunque las altas temperaturas pueden originar sabores picantes en sus raíces. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días según la variedad, con una temperatura optima de 18 a 22 °C; se adapta a cualquier tipo de suelo, pero los suelos profundos, arcillosos y de reacción neutra son los ideales (Montero *et al.*, 2006).

El rábano, si bien no alcanza significativa importancia economica en nuestro país como la de otras hortalizas, sí es de las mas conocidas y mas populares en la alimentacion, y puede ser cultivado como cosecha intercalada con otras hortalizas de ciclo, ya sea más largo o bien que tengan similitudes en su cultivo. La importancia estriba en su utilización como alimento, ya sea en ensaladas o en encurtidos. Tiene un gran poder medicinal ya que es tónico y depurativo de la sangre, antiescorbútico y estomacal (Tamaro, 1981).

Este mismo autor dice que se distinguen dos subespecies de *Raphanus sativus* L (Figura 1).

- 1.) El *Raphanus sativus* *Majo* (Rabano): es mas voluminoso (9 cm de diametro), tiene la pulpa compacta y dura, y sabor mas agudo y picante, se consume únicamente en otoño–invierno.
- 2.) El *Raphanus sativus* *Parvus* (Rabanito): con una raíz que jamas excede los 4 cm de diametro y se puede cultivar y consumir durante todo el año.



Figura 1. *Raphanus sativus* *Parvus*, Rabanito (A) y *Raphanus sativus* *Majo*, Rábano (B)

Su descripción botánica, se caracteriza porque la semilla tiene forma esferoidal, de color que varía desde marrón a castaño claro, a marrón oscuro; bajo buenas condiciones de almacenamiento las semillas pueden conservar su viabilidad por 3 a 4 años. El fruto es silicua de 30 a 35 mm de largo y contiene una pequeñísima semilla oscura (en un gramo entran de 70 a 150 semillas). Madura al final de verano en los países meridionales europeos (www.nortecastilla.es, 2012). Aquí mismo, expone que el rabano es anual o bianual, según las numerosas variedades obtenidas por hibridaciones artificiales. Tiene flores dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rozados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; seis estambres libres, estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado. Es de hojas basales, pecioladas o con pocos pelos hirsutos, de lamina lobulada con uno a tres pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y mas grande que los laterales; hojas caulinares escasas, pequeñas, oblongas, glaucas algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales. Su tallo es breve antes de la floración, con una roseta de hojas, posteriormente, cuando florece la planta se alarga y alcanza altura de 0.50 a 1 m de color glauco y es algo pubescente.

Las plantas tienen raíz pivotante y carnosa, redonda o de diferentes formas que caracterizan a las diferentes variedades, así mismo pueden ser blancas, rojizas, amarillentas o rosadas.

De acuerdo con Rosales (2004), el rábano es poco exigente al tipo de clima y puede sembrarse durante todas las épocas del año; puede cultivarse en climas fríos como en cálidos, sin embargo, es indispensable proporcionarle atención determinada según sea el clima donde se pretenda cultivar.

El suelo para la siembra de rabano deberá ser de preferencia arenoso, pero que contengan un alto contenido de materia orgánica y deberá ser capaz de retener abundante humedad. El rabano requiere terrenos fértiles, bien labrados y abonados, sueltos y francos que favorezcan el rápido desarrollo del cultivo, el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8. Los suelos parejos que permitan la siembra a profundidades uniformes permiten un buen desarrollo del cultivo resultando en una mayor proporción de rabanitos y rabanos con raíz bien formadas (Casares, 1981).

Algunas de las variedades de rabano que se cultivan en nuestro país son: *Crimson Giant* de raíz grande y de forma redonda, con pulpa suave y crujiente, puede cosecharse a los 30 días después de la siembra; *Champion*, con raíz grande de forma ovalada, de pulpa sólida y consistencia suave, de follaje pequeño, puede cosecharse a los 28 días después de la siembra; *Cherry Belle*, con raíz pequeña de forma redonda, de pulpa sólida y de consistencia suave, con follaje muy pequeño, puede cosecharse a los 25 días después de siembra (www.infoagro.com, 2009).

El rábano, es de siembra directa; los cultivares tienen follaje corto, lo que permite espaciamiento más cercano, usualmente desde 15 hasta 30 cm entre hileras para cultivares precoces, los cultivares tardíos tienen más porte por lo que el espaciamiento entre plantas después del raleo es entre 1 a 2 cm (Casares, 1981).

Por ser cultivos precoces, necesitan una buena cantidad de agua distribuida uniformemente y con lapsos de riego bien ajustados. La humedad del suelo deberá encontrarse entre un 60 a 65 % de la capacidad de campo durante el ciclo vegetativo. La falta de agua ocasiona que la raíz se vuelva más dura, y si ésta es acompañada por altas temperaturas, se estimula la floración anticipada. Por otro lado, cuando hay oscilaciones extremas de humedad en el suelo, las raíces se agrietan, perdiendo su calidad comercial. Se recomienda regar regularmente cada tres a cinco días en caso de ausencia de lluvias (Rosales, 2004).

La fertilización del cultivo debe hacerse en base a los resultados del análisis del suelo. Los requerimientos nutricionales del cultivo del rabano y rabanito en kilogramos por hectárea son 80:120:80 (N, P, K), debido a que el ciclo del cultivo es bastante corto, estos cultivos necesitan de elementos nutritivos fácilmente asimilables desde la siembra en las camas, por lo que resulta práctico aplicar los fertilizantes en las últimas labores de preparación de las camas de siembra. Estos cultivos son muy sensibles a la falta de N, P, K y de Boro (Rosales, 2004).

Por el ciclo corto del cultivo y las áreas de extensión pequeñas, las enfermedades e insectos no constituyen limitantes de peso en el desarrollo del cultivo. Dentro de algunas de las enfermedades que afectan al cultivo, se encuentra la podredumbre blanda, ocasionada por *Erwinia sp*; esta bacteria destruye el tejido foliar, tomando una apariencia acuosa y viscosa, además de oler a podrido. Al realizar un corte del tallo de la planta, se observa una mucosidad blanca; el control se debe realizar al inicio, tratando con productos químicos las semillas, eliminar las plantas que presenten síntomas de la enfermedad, rotación de cultivos y sembrando variedades tolerantes al ataque. Por otro lado, éste cultivo es susceptible al ataque del nematodo agallador *Meloidogyne Sp*; ya que puede ocasionar malformaciones de las raíces, por lo que es conveniente asegurarse de que el suelo donde se sembrará dicho cultivo esté libre de nematodos, o realizar aplicaciones de nematicidas cuando se esté realizando la preparación del suelo o el levantamiento de la cama de siembra (Rosales, 2004).

4.2. Los Ácidos Húmicos

La materia orgánica del suelo, usualmente se subdivide en dos grandes categorías: Sustancias Húmicas y Sustancias no Húmicas, según Loison y Nolgret (1990). Estos mismos autores citan que las sustancias húmicas de la materia orgánica poseen un área superficial extremadamente alta; son de color amarillento a negras y son sintetizadas en el suelo, llegando a ser muy estables y persistentes en suelos agrícolas. Es aceptado que las SH, son los productos de degradación química y biológica de los residuos de plantas y animales del suelo. Este grupo de sustancias constituyen en los suelos minerales entre el 80 y 90 % de la reserva total del humus.

El proceso de descomposición, inicia cuando la materia orgánica fresca bien aireada, es oxidada por acción enzimática de los microorganismos, los productos resultantes son: algunas moléculas simples, compuestos fenólicos solubles, materia orgánica poco transformada y la biomasa; a partir de estos compuestos se construyen nuevas moléculas. La humificación está caracterizada por la condensación de núcleos aromáticos unidos entre sí por puentes de oxígeno y nitrógeno, este proceso se llama Policondensación (Loison y Nolgret, 1990).

Éstos mismos autores citan que la policondensación se caracteriza por el aumento en la talla del núcleo aromático, con frecuencia llamado “núcleo”, la disminución proporcional de cadenas alifáticas con relación al núcleo, el aumento del peso molecular y la disminución de la solubilidad de moléculas formadas.

Los constituyentes de la cubierta vegetal en descomposición, son la principal fuente del humus del suelo para la mayoría de los microorganismos y animales que habitan en el suelo, y que debido a su actividad, ocurre la formación de sustancias húmicas (Kononova, 1982).

Las sustancias húmicas (SH), son principalmente derivadas del mineral Leonardita (forma oxidada del lignito). El término humus es una connotación universal y hace referencia a la mayor fertilidad del suelo, ya que constituye la mayor parte de materia orgánica. La reactividad de las SH se debe a su alta superficie específica, al tamaño molecular, acidez y grado de condensación de las moléculas, las cuales se asocian con cationes como aluminio, hierro, silicio, calcio y magnesio, entre otros presentes en el suelo; permiten la formación de sales, complejos y quelatos; influyen en la estabilidad física, química y biológica del suelo y en su fertilidad (Campos, 2011).

El nombre de ácidos o sustancias húmicas, son genéricos para los materiales que se pueden extraer del suelo por varios extractantes y precipitados por ácido mineral diluido. Los comerciales se extraen generalmente de la Leonardita, lignito y de las turbas y se les da el nombre de bioactivadores húmicos, porque su principal función agrícola es la de estimular el metabolismo vegetal (Narro, 1997).

Los ácidos húmicos son sustancias presentes en el humus, químicamente son moléculas muy complejas que presentan grupos carboxilos, hidroxilos, fenólicos y otros que le permiten retener, quelatar y potencializar la penetración de los elementos nutritivos en las plantas (Omega Agroindustrial, 1989).

De manera general las sustancias húmicas poseen ventajas excepcionales que pueden ser aprovechados de forma práctica en la nutrición vegetal tanto en sistemas de producción orgánica como en sistemas convencionales (Elizarraras *et al.*, 2009).

Los ácidos húmicos solubles pueden reemplazar las aplicaciones de grandes volúmenes de materia orgánica, puesto que, en aplicaciones eficientes el rendimiento de los cultivos se incrementa hasta en un 20 %, esto se debe principalmente a los efectos benéficos que tiene sobre algunas características físicas, químicas y biológicas del suelo; además, por ser sustancias que tienen la facultad de quelatar moléculas orgánicas e inorgánicas, pueden eliminar residuos tóxicos de productos químicos nocivos para el desarrollo de los cultivos. Se debe tener en cuenta que concentraciones muy elevadas de ácidos húmicos, pueden tener efectos desfavorables debido a los desbalances fisiológicos consecuentes (Omega Agroindustrial, 1989).

Entre los principales efectos de las SH en las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, destaca que como mejoradores aumentan la disponibilidad de algunos macro y micro elementos (K, Ca, P, Fe, Zn y Mn), incrementa la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la estructura y aumentan la disponibilidad de humedad en el suelo (Chen y Aviad, 1990). Éstos mismos autores citan que los ácidos húmicos generan condiciones favorables en los suelos, especialmente en aquellos que presentan malas condiciones físicas, incluso en cultivos hidropónicos son utilizados exitosamente para amortiguar el pH y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas. Entre otras ventajas que los ácidos húmicos presentan en la nutrición vegetal, son las siguientes:

- Actúan como fijadores de amoníaco, disminuyendo el proceso de desnitrificación con lo que aumenta la capacidad de fijación y utilización del nitrógeno.
- Desbloquean los compuestos insolubles del fósforo haciéndolos disponibles para las plantas.
- Favorecen el equilibrio nutricional pues ayudan la translocación de los nutrientes en los tejidos vegetales.
- Solubilizan cationes como el Fe, Cu y Co para que sean disponibles para las plantas.
- Incrementan la penetración de nutrientes a través de las hojas, modificando la permeabilidad de las membranas.
- Forman complejos orgánicos con herbicidas, fungicidas e insecticidas que también son potencializados ampliando su rango de control y eficiencia.
- Modifican las estructuras de suelos por exceso de sales, removiéndolas de las micelas del suelo mediante quelación y donación de electrones en sustitución de las sales, esto incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Reducen el Fe^{+3} a Fe^{+2} , como consecuencia el hierro es más soluble y disponible para las plantas.
- En el suelo forman compuestos estables con Fe, Zn, Ca y Mg.

Guerrero (2012), señala que algunos otros investigadores han citado la importancia de utilizar ácidos húmicos en hortalizas, así como el aporte de beneficios al suelo, entre los cuales se mencionan los siguientes: Estimulan el desarrollo radicular; ayudan a liberar lentamente las fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre para la nutrición de las plantas y el crecimiento microbiano; participan en la regulación del pH del suelo; contribuyen a la absorción de energía y calientan el suelo, debido a su color oscuro; aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CIC); ayudan a la estructura del suelo agregando partículas de arcilla y limo y contribuyen a evitar la erosión del suelo; ayudan a ligar los micronutrientes y evitan así la posibilidad de su acarreo y pérdida; tienen efecto quelatante sobre hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu); pueden actuar como estimulantes del crecimiento de las plantas por medio de los constituyentes orgánicos en las SH; contribuyen a la reducción potencial de costos, al reducir el uso de ciertos plaguicidas.

Según Narro (1997), las SH también reducen la compactación del suelo, facilitan el laboreo, reducen la formación de costras y disminuyen la resistencia del suelo a la penetración de raíces. Para Tapia (1989), los ácidos húmicos, debido a sus propiedades de intercambio iónico pueden disminuir la concentración de sales en el medio y de esta manera, prevenir síntomas de toxicidad en plantas, que normalmente ocurren como resultado de altas concentraciones de sales.

4.3. Los Andosoles

Los Andosoles son suelos jóvenes que se originan en suelos de ceniza volcánica ricos en materia orgánica, lo cual le imparte al horizonte A (Figura 2) su distintivo color oscuro del cual se deriva su nombre (Tan, 1994 citado por Raymundo, 2008). El contenido de carbono orgánico en el horizonte A de este suelo varía de 15 hasta 30 % en casos extremos. En suelos no cultivados, el pH del suelo varía de 4.5 a 5.1 para el horizonte A y de 5.0 a 5.7 en horizontes más profundos. La cantidad de bases intercambiables es baja, en el rango de 2 a 9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo, y el Al intercambiable varía entre 3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ hasta 8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo (Shoji *et al.*, 1993 citado por Raymundo, 2008). La presencia de gran cantidad de materia orgánica junto con arcillas amorfas y paracrystalinas como el alofan y la imogolita es la razón por una serie de propiedades únicas de estos suelos. Estos constituyentes son responsables por su carga superficial variable altamente dependiente del pH, su gran capacidad para retener agua, y una densidad aparente baja (Tan, 1994).

Fuente: Atlas de suelos de América Latina y el Caribe; Comisión Europea, FAO.

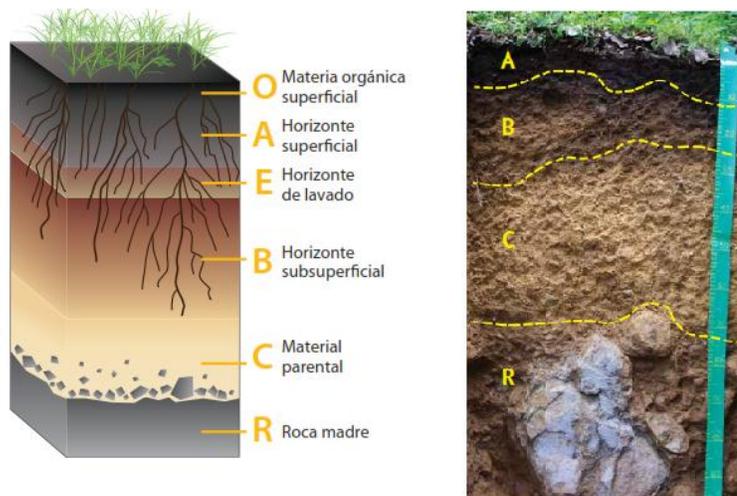


Figura 2. Este esquema de un perfil teórico muestra los horizontes más importantes del suelo y su relación con el material original o parental, el desarrollo de las raíces y los procesos formadores del suelo. El horizonte E se da en suelos minerales cuando los materiales arcillosos, hierro y aluminio, han sido destruidos o lavados hacia capas más profundas por el agua de percolación. Los horizontes E suelen ser de tonos más claros y textura suelta.

La densidad aparente varía en un rango típico de 0.4 a 0.8 g cm⁻³ en Andosoles moderadamente intemperizados. La densidad aparente es menor que 0.9 g cm⁻³ cuando el contenido de alofan es mas grande que 5 %, y las densidades aparentes de los Andosoles alofanicos ricos en humus tienden a ser más bajos que en los Andosoles alofanicos pobres en humus. La densidad aparente en Andosoles no alofanicos está determinada por la materia orgánica del suelo. La densidad aparente de estos suelos se hace menor que 0.9 g cm⁻³ cuando el contenido de carbono organico se hace mayor que 3 % (Shoji *et al.*, 1993). La porosidad de los Andosoles varía de 60 % en el horizonte C de Andosoles jóvenes hasta 80 % en los horizontes A y B de Andosoles moderadamente intemperizados. En general, los Andosoles retienen una considerable cantidad de agua disponible para las plantas y bajas cantidades de agua higroscopica. La permeabilidad del Andosol es en general alta. Para algunos Andosoles, se han reportado valores de conductividad hidraulica a saturacion de 0.09 a 0.9 m d⁻¹ (Shoji *et al.*, 1993). En México, estos suelos ocupan el 3.6 % de la superficie agrícola (Lomeli, 1996 citado por Raymundo, 2008).

4.4. La Zeolita

Las Zeolitas, son una serie de minerales que desde su descubrimiento en los años 1960's se han usado exitosamente como mejoradores de suelos arenosos. En Japon, son muy empleadas para restringir las pérdidas por lixiviación de fertilizantes nitrogenados y neutralizar pH bajos de suelos agrícolas, ya que poseen relativamente alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y alta afinidad por iones NH_4^+ (Lewis *et al.*, 1983).

Las Zeolitas son aluminosilicatos con estructura tridimensional tetraédrica compuestos de Si, Al, y O, que contienen poros saturados por moléculas de agua y cationes intercambiables (Pirela *et al.*, 1983), principalmente K, Na, Ca y Mg; y también puede haber otros elementos en diversas concentraciones, dependiendo del origen, composición mineralógica y especie de Zeolita a que se haga referencia (Arredondo *et al.*, 2000).

El gran interés por su uso agrícola, especialmente en países en desarrollo como Cuba, se basa en las siguientes propiedades fisicoquímicas: alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) que varía entre 100 y 300 meq·100 g⁻¹ (Breck, citado por Barbarick y Pirela, 1983), activa absorción y filtración molecular, habilidad de hidratación y deshidratación sin alterar su estructura debido a que sus cavidades constituyen el 18 a 40 % de su volumen, según Mumpton (1983), y su selectividad y afinidad por NH_4^+ y K^+ (Lewis *et al.*, 1983).

En el caso de México, durante 1996 y 1997, en diversas regiones del estado de Oaxaca se establecieron numerosos experimentos en temporal y de riego para determinar la mejor proporción de fertilizantes químicos en maíz complementada con Zeolita, estiércol y composta, usando en muchos casos como base la fórmula de fertilización recomendada 60-40-00, reducida en cuanto al peso de sus ingredientes en niveles del 0, 25, 50, 75 y 100 % con la consecuente sustitución de tales proporciones con los materiales mencionados y teniendo un testigo absoluto sin fertilizantes ni materiales orgánicos.

De acuerdo con los resultados reportados por Arredondo *et al.* (2000), hubo buena compatibilidad de la Zeolita, estiércol y composta con los fertilizantes químicos, ya que su combinación implicó aumentos en el rendimiento que variaron de 7 a 17%. La mejor respuesta tendió a ser la mezcla en la que se sustituyó un 30 a 50% del fertilizante químico; sin embargo, a partir de estos resultados no se logró precisar las proporciones óptimas de los diversos componentes.

Aunque el descubrimiento de grandes yacimientos de depósitos sedimentarios a nivel mundial a finales de los 1950's impulsó el uso agrícola de las Zeolitas naturales (Mumpton, 1999 citado por Marino *et al.*, 2012), posteriores estudios de caracterización de tales materiales han precisado que de las cerca de 50 especies de Zeolitas naturales y más de 100 tipos de Zeolita sintética existentes, las más útiles para propósitos agrícolas al parecer son cinco, entre las cuales la clinoptilolita y la chabasita son las más comercializadas (Hawkin, 1983 citado por Marino *et al.*, 2012).

Cano y Arredondo (2004), mencionan que el éxito o fracaso del uso de clinoptilolita como mejorador del suelo depende del tipo del catión predominante y su concentración, ya que altos niveles de sodio resultan tóxicos para los cultivos; y de la textura del suelo porque se ha visto baja o nula respuesta en terrenos de textura media a fina debido a que gran parte de su superficie específica lo constituyen arcillas que lo dotan de alta capacidad de intercambio catiónico y compiten con la Zeolita en el proceso de intercambio de cationes.

4.5. Estabilidad de Agregados del Suelo

El uso adecuado del suelo puede estimarse por medio de los cambios en sus propiedades físicas inducidos por el manejo en el largo plazo. Debido al uso intensivo de maquinaria y de implementos agrícolas, los suelos con contenidos altos de limo y bajos en MO, son susceptibles a procesos de compactación, encostramiento superficial y erosión. Los suelos con agregados de poca cohesión e inestables son los más susceptibles a sufrir daños estructurales. Un suelo inestable puede tener una buena estructura, pero sus agregados se desintegran fácilmente bajo el efecto de la lluvia o de la labranza. Cuando esto sucede, se forma a menudo un encostramiento superficial, verdadero sello que obstaculiza la germinación de las plantas, reduce la porosidad e incrementa la erosión (Vyn y Rainbault, 1993).

La degradación de la estructura del suelo a causa del uso agrícola ha sido documentada en numerosos estudios (Low, 1972; Elliot, 1986). Generalmente, se traduce en una disminución de la estabilidad estructural y un aumento de los microagregados estables al agua a expensas de los macroagregados (Vidal *et al.*, 1981). Así mismo, resulta del efecto combinado de la pérdida de la materia orgánica, de la disminución de la porosidad y del aumento de la densidad aparente del suelo.

Los suelos de origen volcánico o Andosoles, presentan características físicas que favorecen una buena estabilidad estructural y una apreciable resistencia a la desagregación. Las principales de estas características son: densidad aparente baja, porosidad elevada con importante microporosidad, cantidad importante de microagregados estables en agua y formación de complejos con la materia orgánica y los minerales amorfos de Fe y Al, muy estables (Shoji *et al.*, 1993).

Las partículas elementales del suelo (arcilla, limo y arena) están unidas principalmente por la materia orgánica para formar agregados. La materia orgánica y otros agentes de unión estabilizan el arreglo que existe entre los espacios porosos y las partículas sólidas (Tisdall y Oades, 1982).

Los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, de agua y de nutrientes a través de los espacios porosos, y ofrecen una resistencia natural a los embates del uso agrícola intensivo y del impacto de la lluvia y del viento. Por lo tanto, se puede considerar que el tamaño, la forma y la organización del conjunto de poros y agregados son factores clave de la calidad del suelo.

Otros autores citan que la agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias (arena, limo y arcilla), se unen formando unidades secundarias (agregados), debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America; citado por Gabioud *et al.*, 2011).

La estabilidad de la estructura, es una estimación de la capacidad del suelo para mantener la arquitectura de la fracción sólida y del espacio poroso cuando se someten a la acción de fuerzas originadas por la acción del agua o de esfuerzos mecánicos externos (Kay, 1990). Hénin *et al.* (1958) indican que la estabilidad de los agregados del suelo está condicionada especialmente por la acción del agua como factor de degradación y por la cohesión en estado húmedo como factor de resistencia. Así, la estabilidad de agregados del suelo, por ser una característica edáfica dinámica, es considerada un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Doran y Parkin, 1996), y se encuentra relacionada con la actividad de los coloides, el contenido orgánico, la actividad microbiana (Pecorari, 1988; Chenu, 1993; Orellana y Pilatti, 1994; Chenu *et al.*, 2000; Sasal *et al.*, 2006; Cosentino *et al.*, 2006), el laboreo del suelo (Gibbs y Reid, 1988), la secuencia y la frecuencia de cultivos en la rotación (Cerana *et al.*, 2006; Novelli *et al.*, 2010).

Existen distintos mecanismos de desagregación en el suelo: desagregación por compresión del aire ocluido que origina ruptura por efecto del estallido, desagregación mecánica debida al impacto de las gotas de lluvia, microfisuración por hinchamiento diferencial y dispersión por procesos físico-químicos (Amézketa, 1999).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del Área Experimental

El trabajo se realizó en uno de los invernaderos del Área Experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas geográficas son 25°23'00" de latitud Norte y 101°00'00" de longitud Oeste, con altitud de 1742 m.s.n.m.

5.2. Metodología

A semilla de rabano, de la variedad *Champion*, se le realizó un tratamiento hidrotérmico, el que consistió en colocar la semilla a “Baño María” durante 15 minutos a 50 °C. El objetivo de realizar el tratamiento hidrotérmico, es para hidratar y activar el embrión de la semilla y evitar lo mas posible el ataque de microorganismos patógenos.

Una vez secas las semillas, se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades que contenian como sustrato la mezcla de Peatmoss con Perlita (con una relacion de 1:1 v/v) y cuando la plantula contenía una hoja de tres centímetros de longitud, fue trasplantada a macetas de plástico que contenían 1 kg de un Andosol de origen volcanico colectado en Zamora, Michoacan y el cual poseía textura arenosa (Hidrometro de Bouyoucos), pH de 6.8 (en agua, relación 1:2 peso/volumen), materia organica de 0.07 por ciento (Walkley y Black, 1934) y conductividad eléctrica de 0.89 dS m⁻¹ (Puente de Wheastone).

Como tratamientos, se emplearon dos tipos de Zeolita, denominada Clinoptilolita, solo que una natural y la otra enriquecida con amonio (NH₄⁺) a las cantidades de 0, 4, 8, 10, 25, 50, 75 y 100 g kg⁻¹ de suelo (Cuadro 1) y después de tres días del trasplante, se adicionaron a cada maceta 4 ml l⁻¹ de agua empleada de un ácido húmico obtenido de Leonardita. Se regaron cada tres días, hasta tener el producto en condiciones para ser evaluado (esto fue aproximadamente de 4 a 6 semanas).

El experimento, se distribuyó de acuerdo al Diseño Completamente al Azar y fueron ocho tratamientos, con tres repeticiones cada uno. Los datos resultantes fueron analizados con el Paquete Estadístico Minitab en su versión 17 en Español para Windows. El análisis realizado fue el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$); es decir, al 95 por ciento de confianza.

Las variables medidas fueron:

1. Al Suelo: cantidad de materia orgánica (Walkley & Black, 1934), textura (Hidrometro de Bouyoucos), estabilidad de agregados (Kemper, 1966; Kemper y Rosenau, 1986), pH (en agua, relación 1:2 peso/volumen) y conductividad eléctrica (en agua, relación 1:2 peso/volumen).
2. A la Planta: peso fresco de raíz, bulbo y follaje; peso seco de raíz, bulbo y follaje y longitud de raíz.
3. Al Fruto: diámetro polar y diámetro ecuatorial, firmeza y sólidos solubles totales.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos adicionados a las unidades experimentales

Numero	Tratamiento	Dosis (g/kg. de suelo)	Ácidos Húmicos (ml)
1	Zeolita 1 - T1 (Testigo)	0	0
2	Zeolita 1 - T2	4	4
3	Zeolita 1 - T3	8	4
4	Zeolita 1 - T4	10	4
5	Zeolita 1 - T5	25	4
6	Zeolita 1 - T6	50	4
7	Zeolita 1 - T7	75	4
8	Zeolita 1 - T8	100	4
9	Zeolita 2 - T1	0	4
10	Zeolita 2 - T2	4	4
11	Zeolita 2 - T3	8	4
12	Zeolita 2 - T4	10	4
13	Zeolita 2 - T5	25	4
14	Zeolita 2 - T6	50	4
15	Zeolita 2 - T7	75	4
16	Zeolita 2 - T8	100	4

Zeolita 1= Clinoptilolita Natural Granulada

Zeolita 2= Clinoptilolita Granulada, enriquecida con Amonio

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Peso Fresco de Bulbo (PFB)

Los resultados que se obtuvieron en la medición de esta variable, muestran que los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro 2). Sin embargo, en base a la gráfica de medias de la Figura 3, se establece que al aplicar la dosis de 8 g kg^{-1} de suelo (Zeolita 1 - T3), se observó un aumento en el peso fresco del bulbo de un 75 % con relación a la muestra testigo (Zeolita 1 - T1).

Cuadro 2. Analisis de varianza para el peso fresco de bulbo del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	449.2	29.95	1.52	0.155 NS
Error	32	629.6	19.68		
Total	47	1078			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

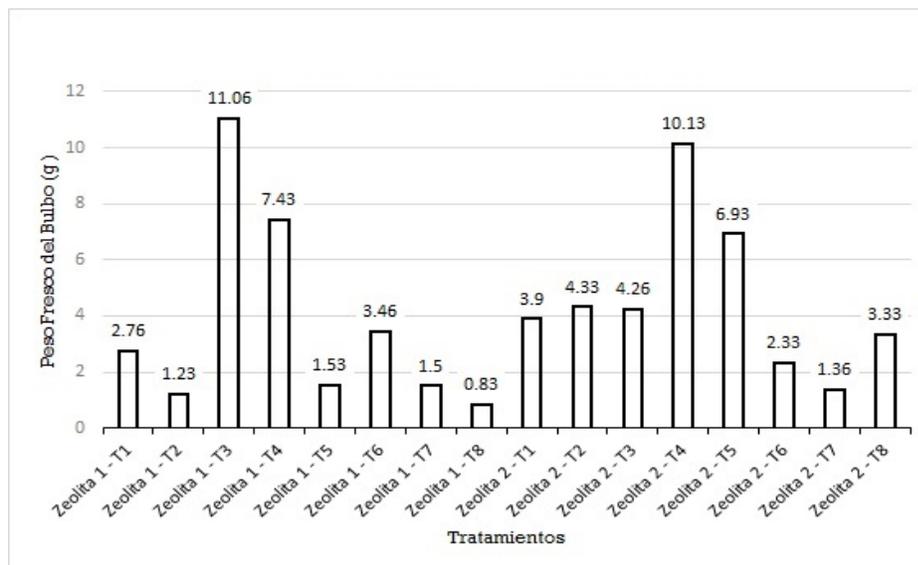


Figura 3. Grafica de medias de peso fresco de bulbo del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.2. Peso Fresco de Raíz (PFR)

En esta variable se observó que el efecto de los tratamientos fue altamente significativo, esto se menciona a través de los resultados del Cuadro 3. De forma general, se puede establecer que ambas Zeolitas provocaron un efecto positivo, en donde destacó el tratamiento 16 en base a la comparativa de medias de Tukey (Cuadro 4), con dosis de 100 gramos de Zeolita granulada enriquecida con Amonio por cada kilogramo de suelo (Zeolita 2 - T8), la cual aventajó en poco mas del 50 % a la muestra testigo (Figura 4).

Cuadro 3. Analisis de varianza para el peso fresco de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	21.51	1.4342	4.18	0.000**
Error	32	10.99	0.3433		
Total	47	32.5			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

Cuadro 4. Comparativa de medias de los resultados de PFR mediante la prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
16	3	2.6	A
12	3	2.3	A B
10	3	2.133	A B C
9	3	1.767	A B C
6	3	1.767	A B C
5	3	1.467	A B C
1	3	1.2	A B C
4	3	1.167	A B C
11	3	1.133	A B C
15	3	0.933	A B C
14	3	0.8333	A B C
13	3	0.6667	B C
8	3	0.667	B C
3	3	0.533	B C
7	3	0.4667	C
2	3	0.3667	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

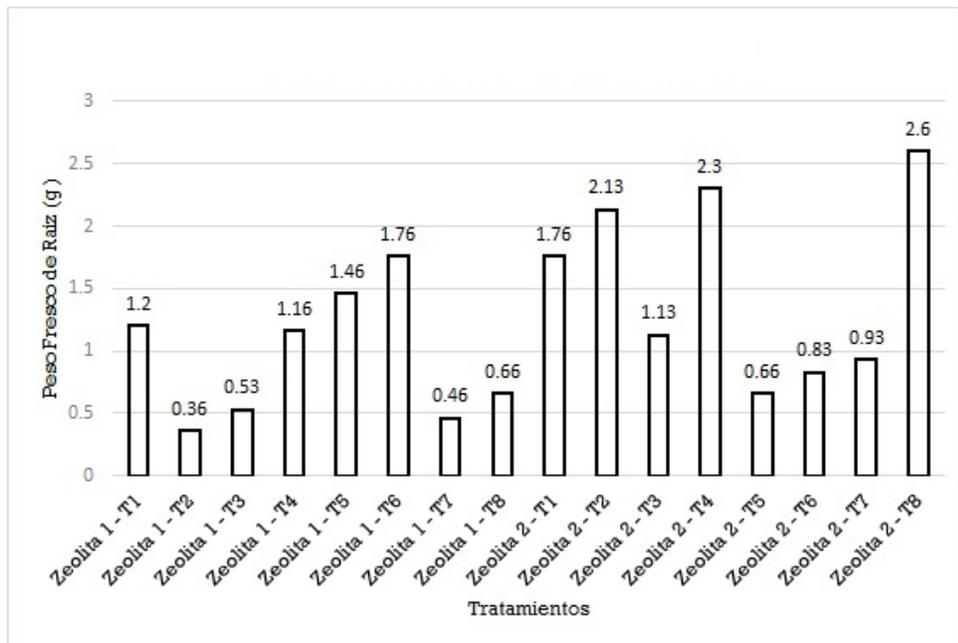


Figura 4. Grafica de medias de peso fresco de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.3. Peso Fresco de Hoja (PFH)

En esta variable, los tratamientos analizados no causaron efecto significativo (Cuadro 5), sin embargo, de forma gráfica se observó que el tratamiento 11 con la dosis de 8 gramos de Zeolita granulada enriquecida con Amonio (NH_4^+) por cada kilogramo de suelo (Zeolita 2 -T3), fue la que causó mayor impacto en esta variable con una ventaja sobre el testigo de 18 % aproximadamente (Figura 5).

Cuadro 5. Analisis de varianza para el peso fresco de hoja del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	202.3	13.484	1.48	0.170 NS
Error	32	290.7	9.083		
Total	47	492.9			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

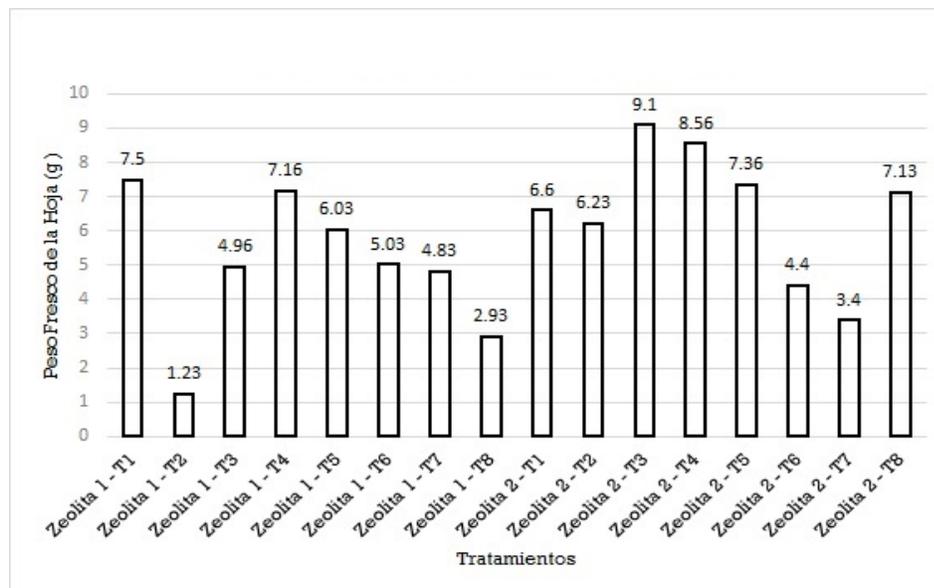


Figura 5. Grafica de medias de peso fresco de hoja del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.4. Peso Seco de Bulbo (PSB)

Los resultados que se obtuvieron en esta variable, muestran que los tratamientos analizados no surtieron efecto significativo de acuerdo con el Cuadro 6. Sin embargo, la grafica de la Figura 6, muestra que el tratamiento con la dosis de 10 g kg⁻¹ de suelo (Zeolita 2 - T4), fue la que mayor impacto causó en esta variable, en comparacion con el tratamiento testigo (Zeolita 1 - T1) en la cual no hubo aplicacion de Zeolita ni de ácidos húmicos.

Cuadro 6. Analisis de varianza para el peso seco de bulbo del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	3.496	0.2331	1.38	0.215 NS
Error	32	5.397	0.1686		
Total	47	8.893			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

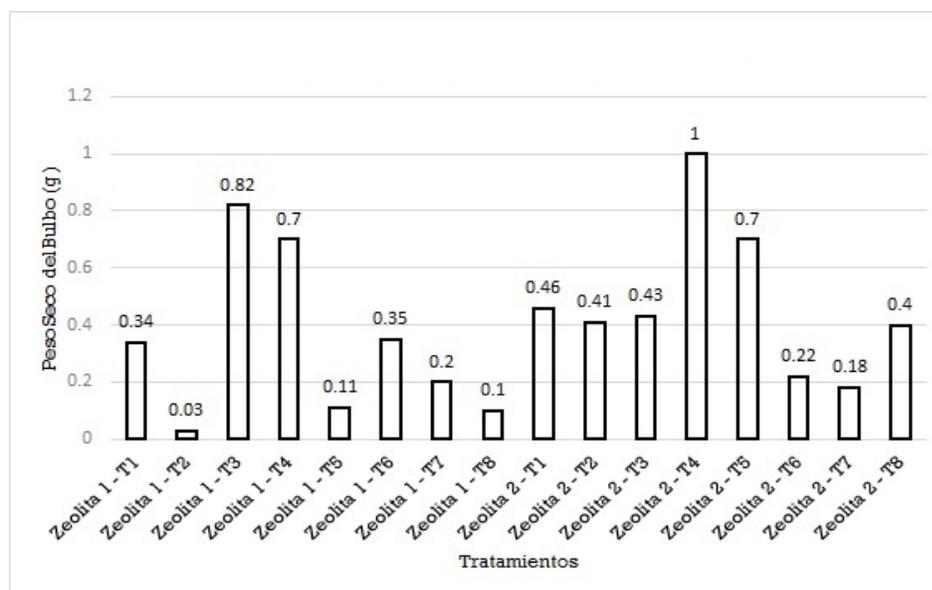


Figura 6. Grafica de medias de peso seco de bulbo del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.5. Peso Seco de Raíz (PSR)

El análisis de varianza del Cuadro 7, muestra que los tratamientos surtieron un efecto altamente significativo en esta variable, en donde la comparativa de medias mediante la prueba de Tukey (Cuadro 8) muestra los valores de medias de las repeticiones de tratamientos de mayor efecto, en donde la dosis de 10 gramos por kilogramo de suelo (Zeolita 2 - T4), fue la que aventajo en un 60 % al tratamiento testigo (Figura 7).

Cuadro 7. Analisis de varianza para el peso seco de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	0.3866	0.025772	4.66	0.000**
Error	32	0.177	0.005532		
Total	47	0.5636			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

Cuadro 8. Comparativa de medias de los resultados de PSR mediante la prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
12	3	0.3513	A
16	3	0.3106	A B
10	3	0.2975	A B
6	3	0.2752	A B C
9	3	0.1961	A B C D
5	3	0.1877	A B C D
15	3	0.1617	A B C D
4	3	0.1429	A B C D
1	3	0.13947	A B C D
11	3	0.1378	A B C D
8	3	0.1168	B C D
14	3	0.10207	B C D
13	3	0.102	B C D
7	3	0.087	B C D
3	3	0.0633	C D
2	3	0.0484	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

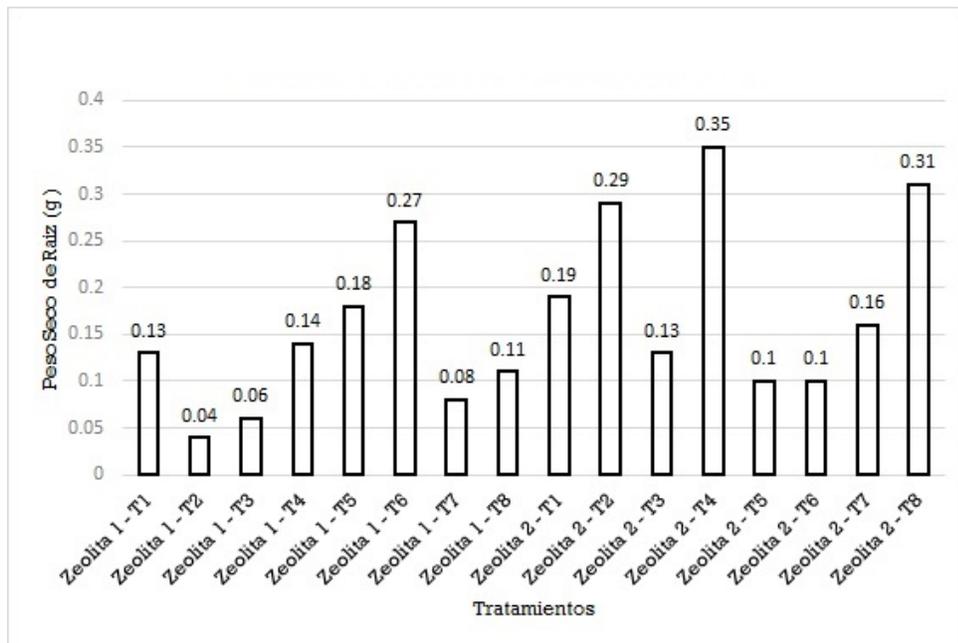


Figura 7. Grafica de medias de peso seco de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.6. Peso Seco de Hoja (PSH)

En esta variable no hubo efecto significativo en los tratamientos, esto se afirma en base al análisis de varianza practicado (Cuadro 9); sin embargo, la grafica de medias de la Figura 8, muestra que el tratamiento con la dosis de 8 g kg⁻¹ de suelo, aventajo en poco mas del 10 % al tratamiento testigo (Zeolita 1 - T1).

Cuadro 9. Analisis de varianza para el peso seco de hoja del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	2.582	0.1722	1.57	0.138 NS
Error	32	3.504	0.1095		
Total	47	6.086			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

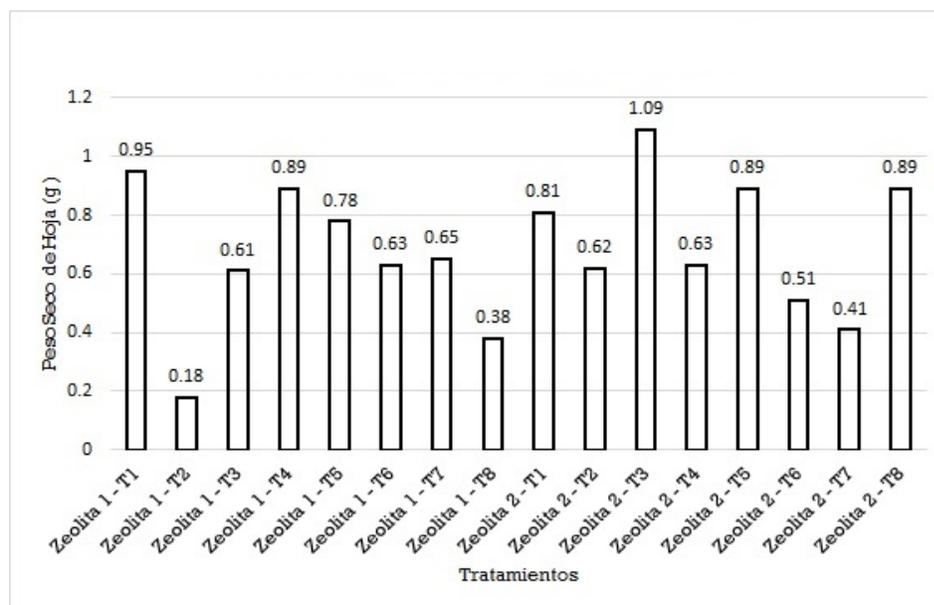


Figura 8. Grafica de medias de peso seco de hoja del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.7. Longitud de Raíz (LR)

El análisis estadístico practicado a esta variable muestra que los tratamientos fueron altamente significativos (Cuadro 10), esto quiere decir que las diferencias entre los tratamientos fueron considerables; sin embargo, para este caso, la mayoría no fueron positivas como lo indica la grafica de la Figura 9, ya que solo pocos tratamientos superaron al testigo y con porcentajes muy pequeños, en donde el tratamiento 9 registró el valor mas alto, en base a la comparativa de medias de Tukey (Cuadro 11).

Cuadro 10. Analisis de varianza para la longitud de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	151.24	10.083	3.72	0.001**
Error	32	86.66	2.708		
Total	47	237.9			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

Cuadro 11. Comparativa de medias de los resultados de LR mediante la prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
9	3	11	A
5	3	11	A
16	3	10	AB
12	3	10	AB
6	3	9.6	AB
1	3	9.5	AB
10	3	9	AB
15	3	8.333	AB
4	3	8.333	AB
11	3	8.17	AB
8	3	7	AB
3	3	6.667	AB
2	3	6.167	AB
14	3	6	B
7	3	6	B
13	3	5.67	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

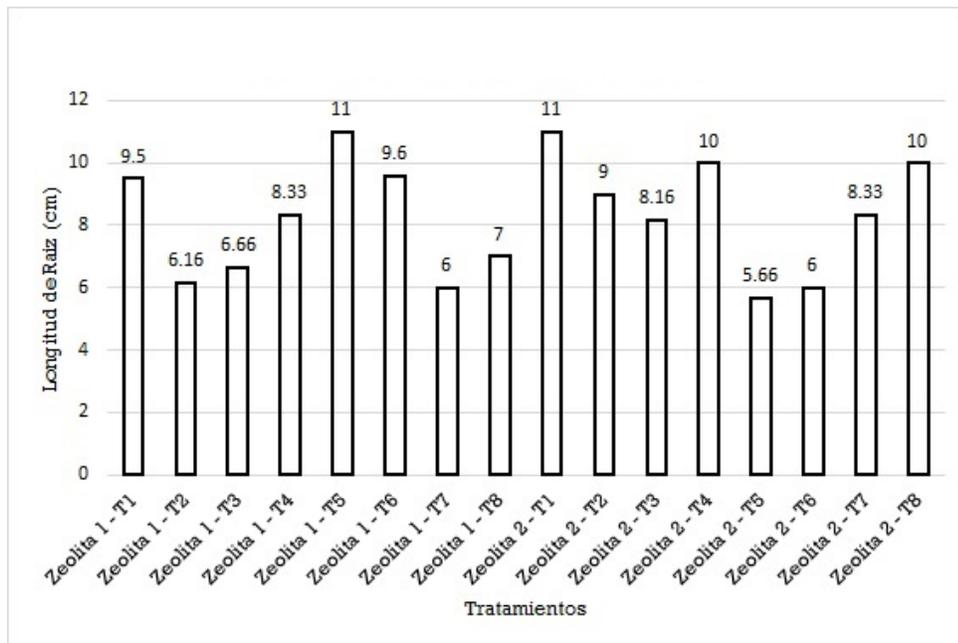


Figura 9. Grafica de medias de longitud de raíz del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.8. Firmeza de Bulbo (FMZA)

En esta variable el analisis de varianza arrojo como resultado que los tratamien-
tos no fueron significativos. También, se establece en base a la grafica de medias
de la Figura 10, que el rendimiento de los tratamientos en esta variable son ne-
gativos, ya que el valor más alto se registró en el tratamiento testigo, en donde
no hubo aplicacion de ácidos húmicos ni del mineral Zeolita (Clinoptilolita).

Cuadro 12. Analisis de varianza para la firmeza de bulbo del rabano, con la adición de dos
Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	18.87	1.2581	1.43	0.193 NS
Error	32	28.16	0.88		
Total	47	47.03			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

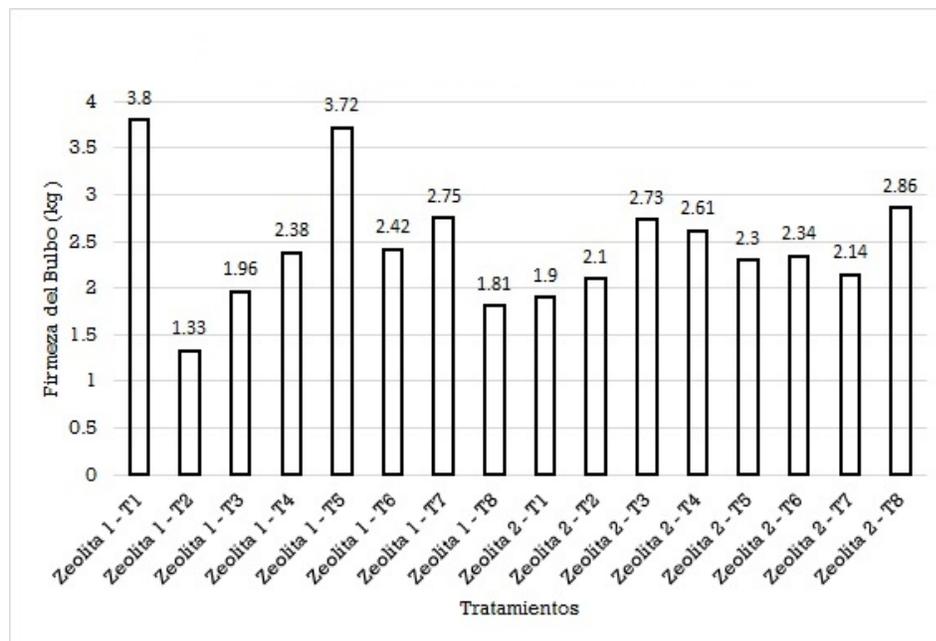


Figura 10. Grafica de medias de firmeza de bulbo del rabano, con la adición de dos Zeolitas
y acidos húmicos.

6.9. Diámetro Polar (DP)

Los resultados de esta variable muestran que los tratamientos no causaron efecto significativo (Cuadro 13). Dicho esto, se puede también interpretar mediante la gráfica de la Figura 11, que el valor mas alto lo registró el tratamiento (Zeolita 2 - T4) en donde esta misma dosis de 10 g kg⁻¹ de suelo, ha tenido efecto positivo en el rendimiento de varias variables analizadas anteriormente.

Cuadro 13. Analisis de varianza para el diametro polar de bulbo del rabano, con la adiccion de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	7.733	0.5155	0.95	0.523 NS
Error	32	17.34	0.5419		
Total	47	25.073			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

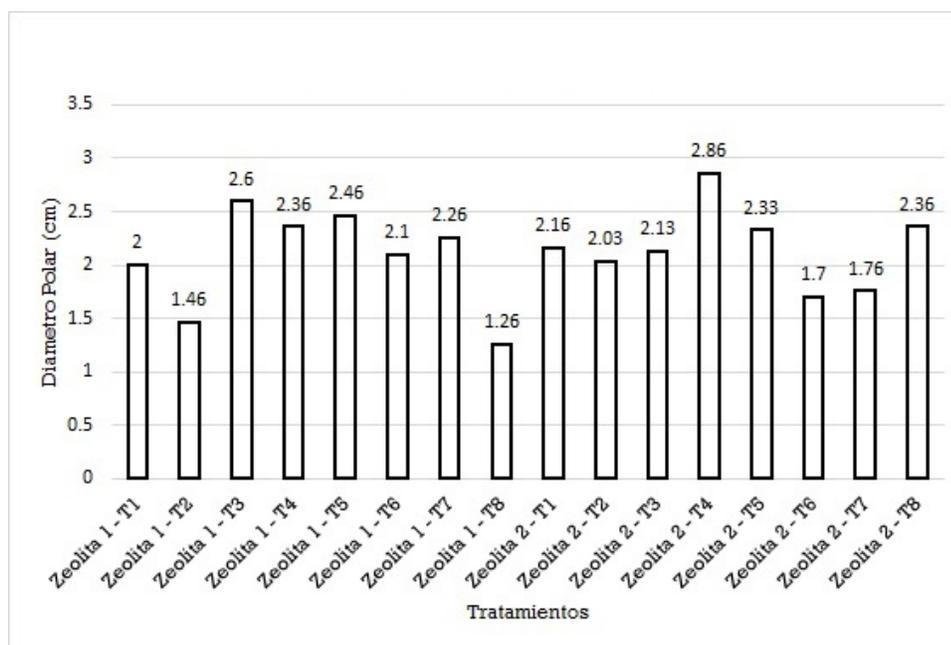


Figura 11. Grafica de medias de diametro polar de bulbo del rábano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.10. Diámetro Ecuatorial (DE)

Los resultados del análisis estadístico que se muestran en el Cuadro 14, establecen que no hubo efecto significativo. Sin embargo, tomando como referencia a la grafica de la Figura 12, se puede observar que nuevamente el tratamiento Zeolita 2 - T4, fue el que obtuvo el mejor desempeño, esto hace destacar en específico el efecto de esta dosis (10 g kg^{-1}) en el experimento en general; y el probable efecto positivo que puede causar en diferentes cultivos y en diferentes condiciones.

Cuadro 14. Analisis de varianza para el diametro ecuatorial de bulbo del rabano, con la adicion de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	9.855	0.657	1.42	0.195 NS
Error	32	14.76	0.4613		
Total	47	24.615			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

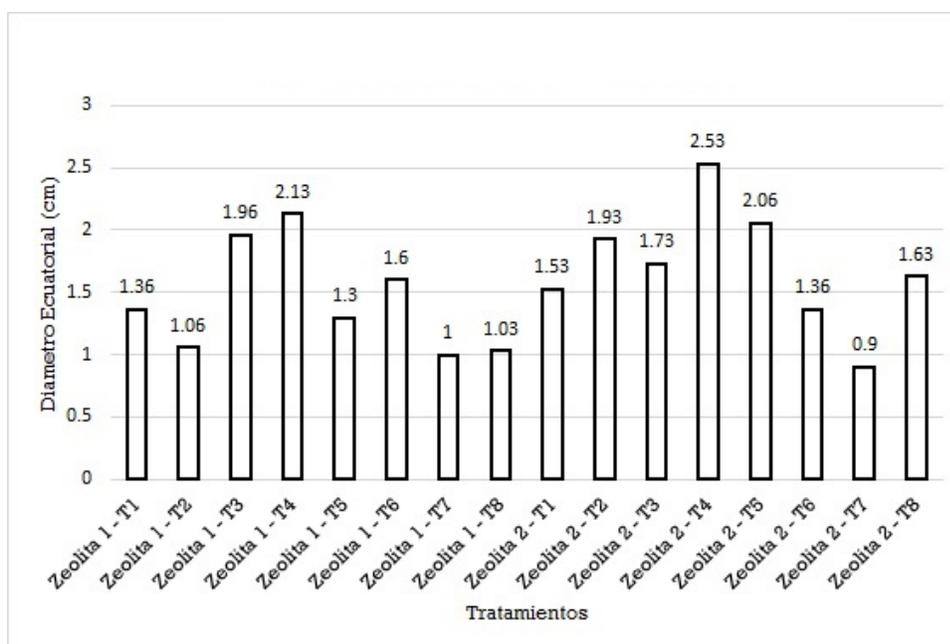


Figura 12. Grafica de medias de diámetro ecuatorial de bulbo del rábano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.11. Porcentaje de Arena (%ARENA)

En base a los resultados que se obtuvieron en el analisis de varianza del Cuadro 15, se observa que los tratamientos no causaron efecto significativo. Dicho esto, se muestra nuevamente que sobresale el valor del tratamiento con la dosis de 10 gramos de Clinoptilolita granulada enriquecida con Amonio por cada kilogramo de suelo; complementada con 4 ml de ácidos húmicos de Leonardita (Figura 13).

Cuadro 15. Analisis de varianza para el porcentaje de arena del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	404.9	26.99	0.71	0.759 NS
Error	32	1221.7	38.18		
Total	47	1626.6			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

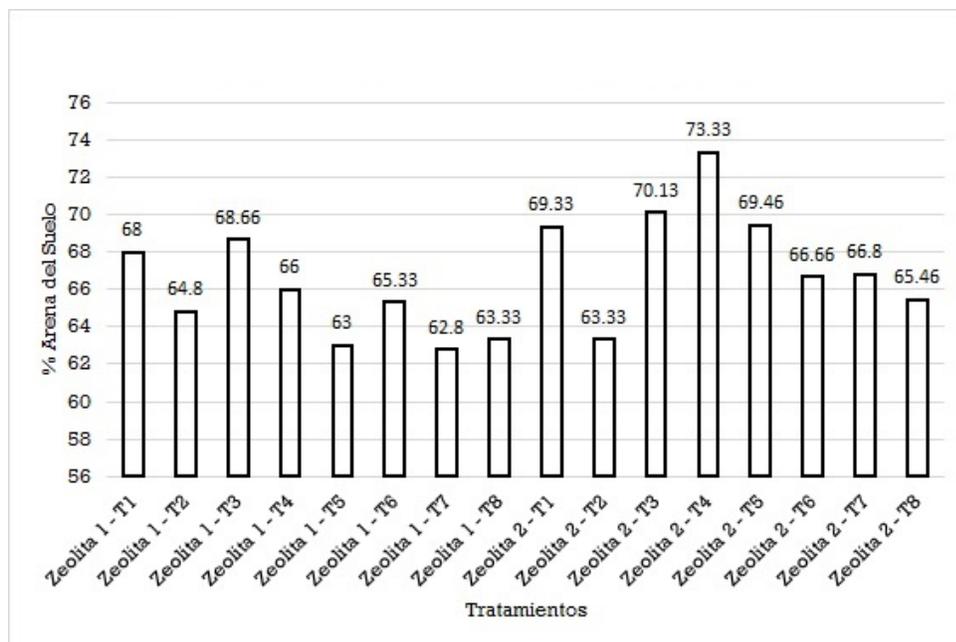


Figura 13. Grafica de medias de porcentaje de arena del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.12. Porcentaje de Arcilla (%ARCILLA)

El análisis de varianza del Cuadro 16, muestra que no hubo significancia en los tratamientos analizados, es decir, que no hay diferencias sobresalientes entre tratamientos que se consideren como valores o resultados con efecto positivos. Sin embargo, se observa en la Figura 14 que el tratamiento con valor más alto en relación al porcentaje de arcilla fue el tratamiento Zeolita 2 - T2 con dosis de 4 g kg⁻¹ de suelo, el cual aventajo en un 15 % al tratamiento testigo.

Cuadro 16. Analisis de varianza para el porcentaje de arcilla del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	246.2	16.41	1.39	0.211 NS
Error	32	377.8	11.81		
Total	47	623.9			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

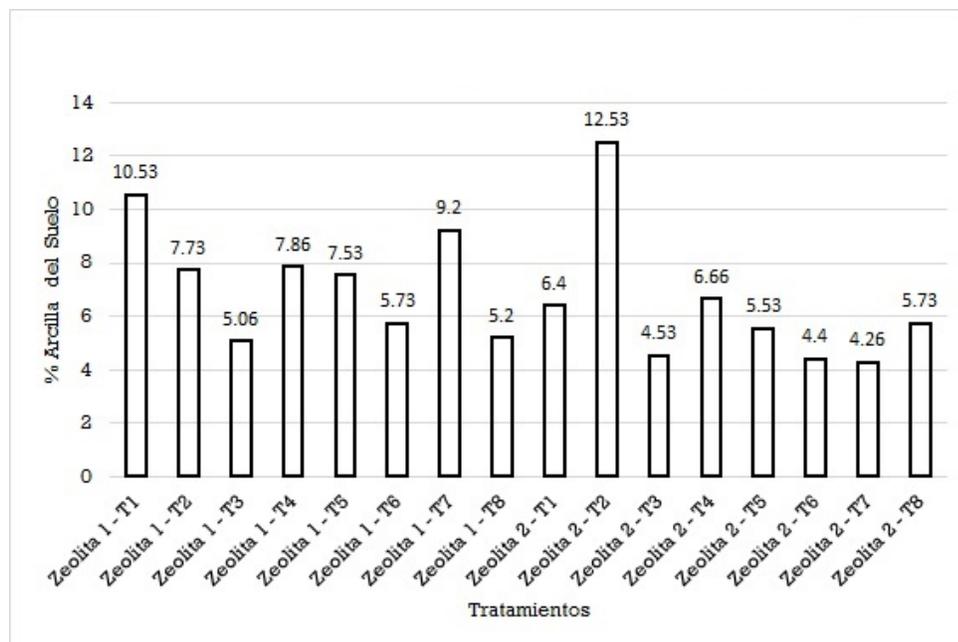


Figura 14. Grafica de medias de porcentaje de arcilla del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.13. Porcentaje de Limo (%LIMO)

Con la información obtenida del análisis de varianza del Cuadro 17, se establece que no hubo efecto significativo en esta variable, sin embargo, realizando una comparativa de los tratamientos mediante la grafica de la Figura 15, se precisa que la Zeolita junto con los ácidos húmicos provocaron un incremento en los valores de porcentaje de Limo, en donde el valor más alto que se registro fue del tratamiento Zeolita 1 - T8, en donde la dosis de aplicación fue de 100 gramos de Clinoptilolita Natural por cada kilogramo de suelo, adicionando 4 ml de ácidos humicos.

Cuadro 17. Analisis de varianza para el porcentaje de limo del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	425	28.33	1.00	0.475 NS
Error	32	903.3	28.23		
Total	47	1328.3			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

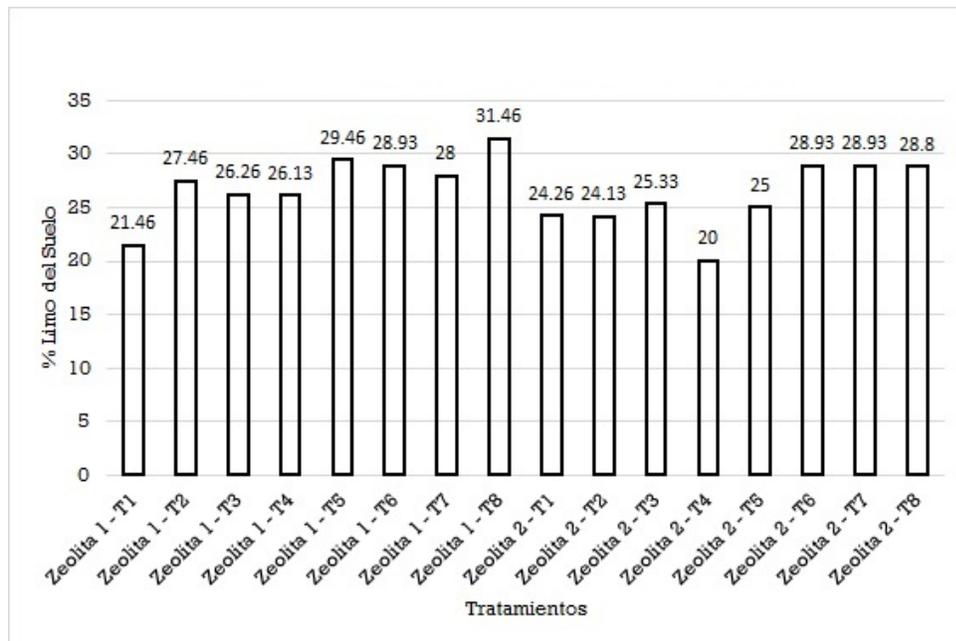


Figura 15. Grafica de medias de porcentaje de limo del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.14. Porcentaje de Estabilidad de Agregados del Suelo tipo Andosol (%AG)

Mediante el análisis de varianza del Cuadro 18, se observa que los tratamientos no surtieron efecto significativo en esta variable. Sin embargo, de forma grafica se aprecia en la Figura 16, que la mayor variación se dio en los tratamientos número 5 y 8 en donde las dosis fueron de 25 g kg⁻¹ y 100 g kg⁻¹ respectivamente.

Cuadro 18. Analisis de varianza para el porcentaje de estabilidad de agregados del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y ácidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	8.333	0.5556	0.86	0.610 NS
Error	32	20.667	0.6458		
Total	47	29			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

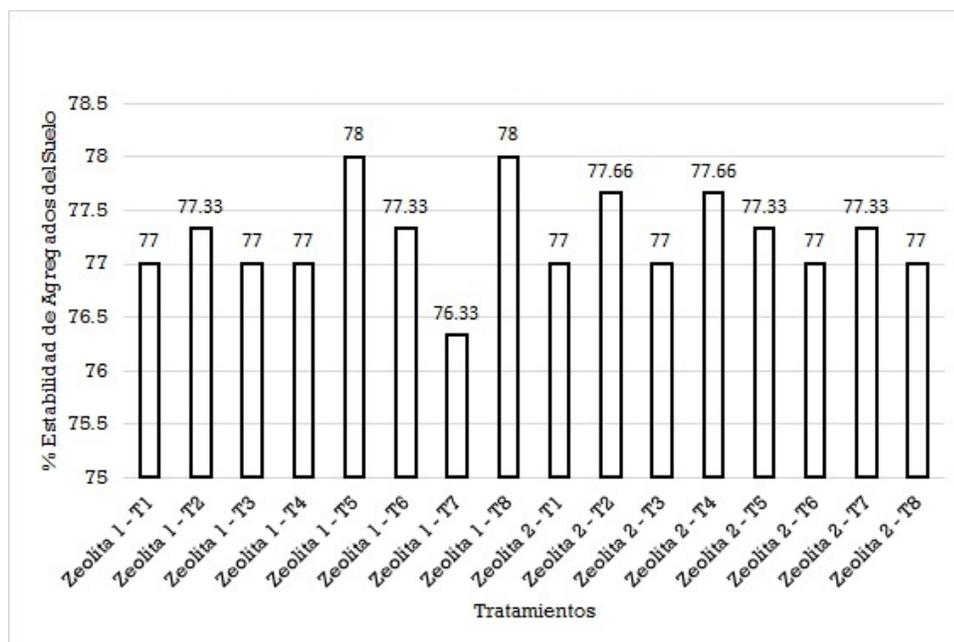


Figura 16. Grafica de medias de porcentaje de estabilidad de agregados del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y ácidos húmicos.

6.15. pH del Suelo tipo Andosol (pH)

A través del análisis estadístico practicado a esta variable (Cuadro 19), se establece que las diferentes dosis aplicadas causaron un efecto significativo, mediante cual, el tratamiento que mayor impacto causó en base a la comparativa de medias mediante la prueba de Tukey (Cuadro 20), fue el tratamiento de Zeolita 2 - T8, con la dosis de 100 g kg^{-1} de suelo en conjunto con los 4 ml de ácidos húmicos de Leonardita.

Cuadro 19. Analisis de varianza para el potencial de hidrogeno del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y ácidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	0.5085	0.0339	2.00	0.049*
Error	32	0.5423	0.01695		
Total	47	1.0508			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

Cuadro 20. Comparativa de medias de los resultados de pH mediante la prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
16	3	7.8567	A
5	3	7.843	A
9	3	7.8	A
11	3	7.7933	A
2	3	7.787	A
14	3	7.7567	A
15	3	7.74	A
12	3	7.7067	A
8	3	7.6967	A
1	3	7.69	A
3	3	7.6767	A
10	3	7.64	A
13	3	7.6333	A
6	3	7.6	A
7	3	7.5333	A
4	3	7.4833	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

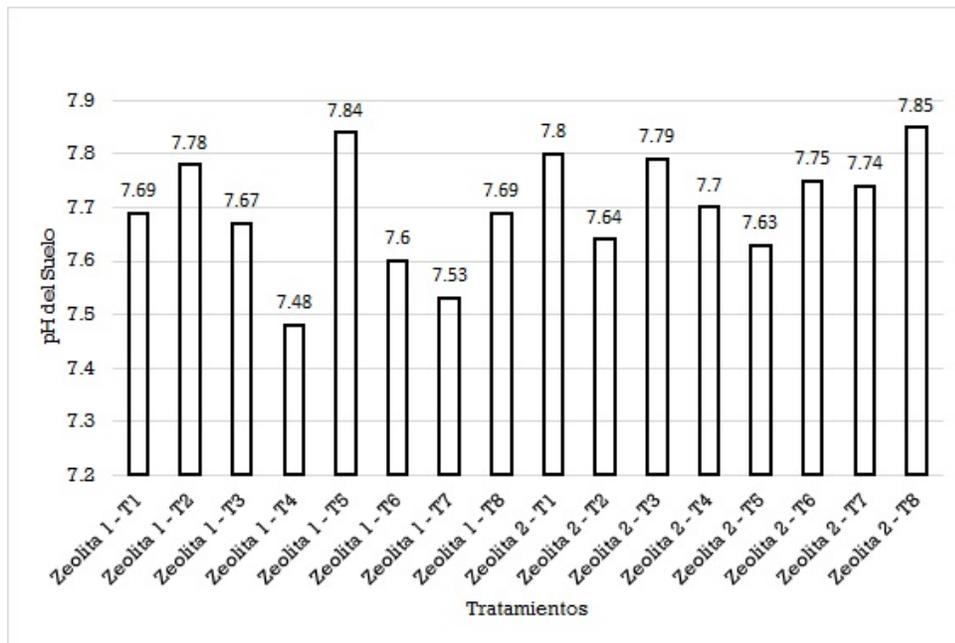


Figura 17. Grafica de medias de potencial de hidrogeno del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.16. Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O)

El análisis estadístico practicado a esta variable y mostrado en el Cuadro 21, indica que los tratamientos no causaron efecto significativo; sin embargo, de forma gráfica el valor más alto se registró en el tratamiento Zeolita 1 - T5 con dosis de 25 g kg⁻¹ de suelo, el cual aventajo en un 25 % al tratamiento testigo.

Cuadro 21. Analisis de varianza para el porcentaje de materia orgánica del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	8.473	0.5648	1.01	0.470 NS
Error	32	17.9	0.5594		
Total	47	26.372			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

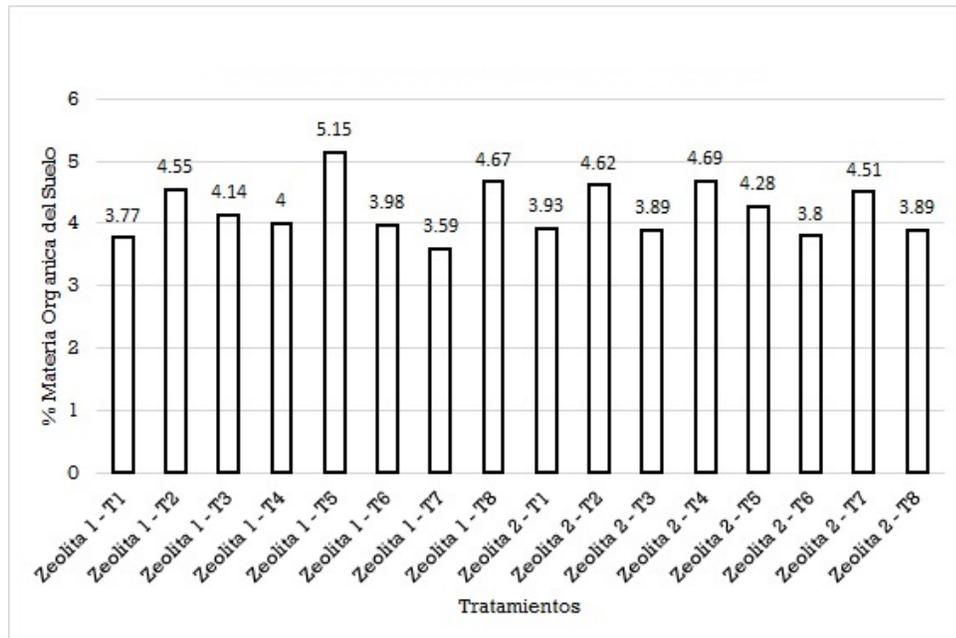


Figura 18. Grafica de medias de porcentaje de materia orgánica del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.17. Conductividad Eléctrica (C.E)

Los resultados que arrojó el análisis de varianza de esta variable (Cuadro 22), establecen que hubo un efecto significativo en los diferentes tratamientos aplicados a las unidades experimentales. La grafica de la Figura 19, muestra las dosis que afectaron positivamente el rendimiento de la variable de conductividad eléctrica, en la cual sobresale el tratamiento Zeolita 1 - T3 (8 g kg⁻¹), el cual aventajó en un 18 % al tratamiento testigo (Cuadro 23).

Cuadro 22. Analisis de varianza para la conductividad eléctrica del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	4146	276.4	2.38	0.020*
Error	32	3723	116.3		
Total	47	7868			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

Cuadro 23. Comparativa de medias de los resultados de C.E mediante la prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
3	3	159.7	A
5	3	155	A B
16	3	141	A B C
15	3	139.33	A B C
4	3	137.33	A B C
14	3	136.67	A B C
11	3	136.33	A B C
13	3	135.33	A B C
10	3	134.33	A B C
8	3	132	A B C
1	3	131.33	A B C
12	3	130.67	A B C
6	3	130	A B C
2	3	129.67	A B C
9	3	127	B C
7	3	122	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

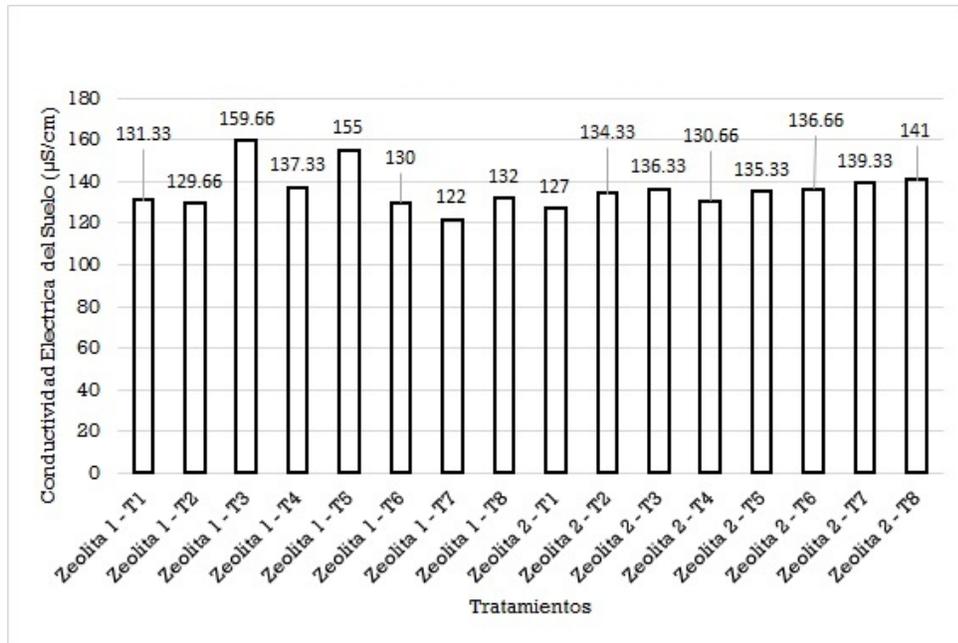


Figura 19. Grafica de medias de conductividad eléctrica del Andosol, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.18. Sólidos Solubles Totales (S.S.T)

Los diferentes tratamientos que se aplicaron a esta variable no tuvieron efecto significativo, esto se determina en base al análisis de varianza practicado (Cuadro 24). Sin embargo, se observa de forma gráfica en la Figura 20, que el valor del tratamiento 7 (Zeolita 1 - T7), aventajó en un 20 % al tratamiento testigo, cuya dosis fue de 75 g kg⁻¹ de suelo.

Cuadro 24. Analisis de varianza para solidos solubles totales del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	15	22.11	1.474	1.42	0.195 NS
Error	32	33.13	1.035		
Total	47	55.24			

*Significativo **Altamente Significativo NS= No Significativo

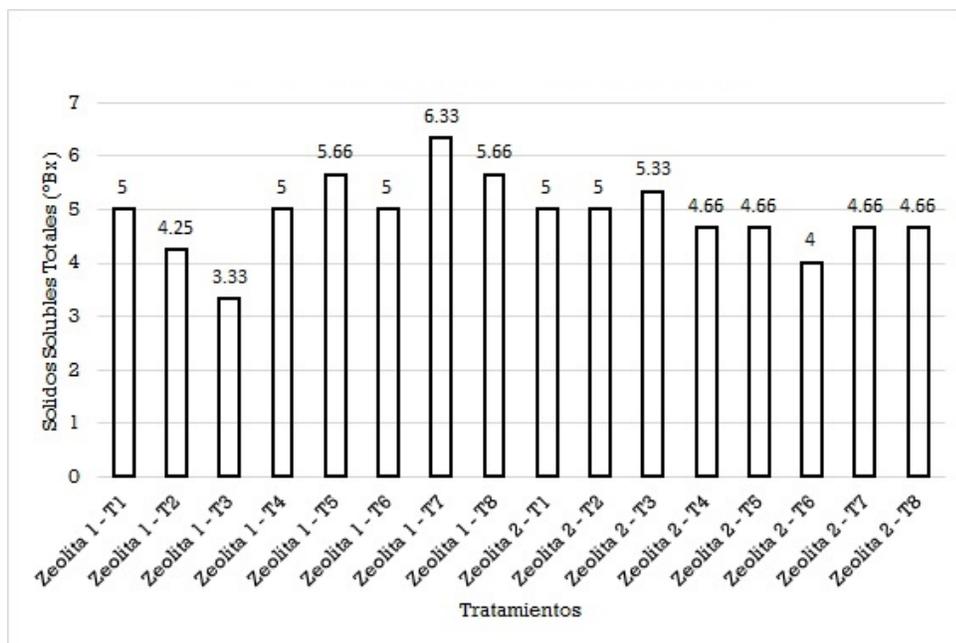


Figura 20. Grafica de medias de solidos solubles totales del rabano, con la adición de dos Zeolitas y acidos húmicos.

6.19. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las variables evaluadas de este trabajo de investigación en general muestran pequeños avances en el rendimiento del cultivo del rabano con la adición de las diferentes dosis aplicadas del mineral Zeolita y los ácidos húmicos de Leonardita, esto en contraste con el establecimiento de la siembra básica del cultivo, es decir, sin la aplicación de mejoradores de suelo, fertilizantes orgánicos o inorgánicos y de ninguna tecnología actual utilizada en siembras convencionales o tradicionales.

De acuerdo con Montero *et al.* 2006, el rábano es un cultivo que se adapta a cualquier tipo de suelo, sin embargo, hace mención que los suelos profundos, arcillosos y de reacción neutra son los ideales para estos cultivos. En esto estamos de acuerdo en base a los resultados obtenidos en la medición de las diferentes variables, ya que el suelo de tipo Andosol no fue factor adverso en cuestión del rendimiento del cultivo, si no todo lo contrario, el tener un suelo con muchas de las características del suelo ideal para este cultivo, ayudó a determinar con más precisión el comportamiento de la Zeolita y ácidos húmicos en la estabilidad de agregados de este suelo y en la calidad del cultivo del rabano.

En cuestión de calidad del rabano, los resultados mostraron que varias dosis aplicadas provocaron aumento en el rendimiento de las diferentes variables que influyen directa e indirectamente con la calidad del cultivo como lo son: diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza (FMZA), sólidos solubles totales (S.S.T) y peso fresco del bulbo (PFB); en donde Tiscarnia (1988), señala que el diámetro de la raíz (bulbo) del rabano difícilmente supera los 4 cm; lo cual se comprueba en base a los resultados de nuestra investigación ya que se obtuvieron valores promedios de 2.5 cm en los diámetros polares y ecuatoriales del bulbo o raíz.

Campos (2011), menciona que las sustancias húmicas influyen en la estabilidad física, química y biológica del suelo y en su fertilidad. Los resultados que se obtuvieron en el experimento fueron en general aceptables, teniendo en cuenta que no se usó fertilizante alguno. Esto hace válido lo mencionado por Campos, en donde a pesar de que el suelo Andosol posee baja fertilidad nativa y baja estabilidad de agregados (Morschner, 1995), la aplicación de ácidos húmicos constituyeron una mejora gráficamente visible en la fertilidad del suelo y en los resultados en general, ya que según Omega (1989), los ácidos húmicos solubles pueden reemplazar las aplicaciones de grandes volúmenes de materia orgánica, y las aplicaciones eficientes pueden incrementar en un 20 % el rendimiento de los cultivos.

Chen y Aviad (1990), también mencionan los principales efectos de las sustancias húmicas en las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, en la cual destaca el aumento de la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de macro y micro elementos (K, Ca, P, Fe, Zn y Mn) y el incremento en la disponibilidad de humedad en el suelo. Esto justifica los resultados obtenidos en nuestro trabajo de investigación debido a que el cultivo del rábano es muy susceptible a las deficiencias de Calcio (Morschner, 1995) y por ser cultivos precoces, necesitan una buena cantidad de agua distribuida uniformemente y con lapsos de riego bien ajustados. La humedad del suelo deberá encontrarse entre un 60 a 65 % de la capacidad de campo durante el ciclo vegetativo (Rosales, 2004).

Según Narro (1997), las sustancias húmicas también reducen la compactación del suelo, facilitan el laboreo, reducen la formación de costras y disminuyen la resistencia del suelo a la penetración de raíces. Esto mencionado por Narro hace hincapié en los resultados obtenidos, ya que el rábano en si es una raíz, por lo cual la implementación de ácidos húmicos constituyó una mejora en la calidad del rabano de forma indirecta al disminuir la resistencia del suelo a la penetración de raíz o en este caso al buen desarrollo del bulbo.

Las Zeolitas se han usado exitosamente como mejoradores de suelos arenosos y para neutralizar pH bajos de suelos agrícolas (Lewis *et al.*, 1983). Esto justifica los valores de pH obtenidos, ya que en general, la mayoría de los tratamientos registraron valores de pH de 7.7 en promedio y de acuerdo con Shoji *et al.* (1993), los Andosoles se caracterizan por ser suelos con pH de ligeramente ácidos a ácidos.

Vyn y Rainbault (1993), enfatizan que el uso adecuado del suelo puede estimarse por medio de los cambios en sus propiedades físicas inducidos por el manejo en el largo plazo. Debido al uso intensivo de maquinaria y de implementos agrícolas, los suelos con altos contenidos de limo y bajos en materia orgánica, son susceptibles a procesos de compactación, encostramiento superficial y erosión. Al contrastar los datos resultantes de nuestra investigación, se observa que los valores obtenidos de materia orgánica son de 4.5 % en promedio (Walkley & Black, 1934) a lo cual se consideran normales, ya que los Andosoles tienen altos valores en contenido de materia orgánica, además del gran aporte de materia orgánica que efectuaron los ácidos húmicos adicionados a las unidades experimentales. Tisdal y Oades (1982), también señalan que las partículas elementales del suelo (arcilla, limo y arena) están unidas principalmente por la materia orgánica para formar agregados. Esto justifica la estabilidad obtenida en los agregados de este Andosol, ya que los altos valores de materia orgánica del suelo, junto con los grandes aportes de materia orgánica debido a los ácidos húmicos, provocaron valores altos (77 % en promedio) en el rendimiento de porcentaje de estabilidad de agregados de este suelo.

VII. CONCLUSIONES

La clinoptilolita natural granulada (Zeolita 1), realizó efecto significativo en las variables medidas al suelo; mientras que la clinoptilolita granulada enriquecida con amonio (Zeolita 2), lo efectuó en las variables medidas a la planta.

VIII. LITERATURA CITADA

- Amézketa**, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *Jour. of Sustainable Agriculture* 14: Pp 83-150.
- Arredondo**, V. C; Cano, G. M. A.; Contreras, H. R.; González, C. M. y Cabrera, T. J. M. 2000. Rocas minerales, compostas, estiércoles y abonos verdes; una alternativa a la fertilización química del maíz en Oaxaca. In: Foro Nacional Investigación para el Desarrollo Regional. SIBEJ-CONACyT. Oaxaca, Oaxaca. 13-18 pp.
- Campos**, V. A. 2011. Usos de los ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición vegetal. Conferencia presentada en el 1er Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicada.
- Casares**, E. 1981. Producción de Hortalizas. tercera edición. 1ra Reimpresión. San José Costa Rica, 1981. Pp 272 – 275.
- Cerana**, J; MG Wilson; JJ De Battista; J Noir & C Quintero. 2006. Estabilidad estructural de los Vertisoles en un sistema arrocero regado con agua subterránea. *Revista de Investigaciones Agropecuarias RIA* 35(1): Pp 87-106.
- Chenu**, C ; Y Le Bissonais & D Arrouays. 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: Pp 1479-1486.
- Chen**, Y; Aviad, T. 1990. Effect of humic substances on plant growth in: “Humic substances in soil and crop sciences: selected readings”. Eds. C.E. McCarthy, R.L. CLAPP, P. Malcolm and P.R. Bloom. Wisconsin U.S.A. Pp 161 – 186.
- Cosentino**, D ; C Chenu & Y Le Bissonais. 2006. Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38: Pp 2053-2062.
- Cruz**, G. B. 2012. Rendimiento del rabano (*Raphanus sativus* L., var. champion) regado con diferentes efluentes en condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura sin publicar. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Doran**, J. W & T. B Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil Quality: a minimum data set. Pp. 25-37. In: *Methods for assessing Soil Quality*, SSSA Special Publication N°49, Wisconsin, USA.

Elizarrarás, L. S; Serratos, A. J; López, A. E; Roman, M. L. 2009. La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la region Centro- Occidente de México. Avances en Investigación Agropecuaria. Vol. 13. Núm. 3. Pp 11-16.

Elliot, E. T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Am. J. 50: Pp 627-633.

Gabioud, E. A; Wilson, M. G; Sasal, M. C. 2011. Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos. Cienc. suelo [online]. Vol. 29, n. 2. Citado [2015-06-21]. pp 129-139 .

Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000200002&lng=es&nrm=iso.

Gómez, C. M; Schwentesius, R. R; Meraz, A. M; Lobato, G. A; Gómez, T. L. 2005. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica en México (Situación-Retos-Tendencias). CONACYT, SAGARPA, CEDRSSA, UACH, CUESTAAM, PIAS. Texcoco, Edo. Mex. 69 p.

Gómez, P. L. 2011. Evaluacion del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilizacion orgánica e inorganica. Tesis de licenciatura sin publicar. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

González Camarillo, Marino, Gomez Montiel, Noel Orlando, Muñiz Espíritu, Jesús, Valencia Espinosa, Félix, Gutiérrez Guillermo, Dámaso & Figueroa Lopez, Hugo Orlando. (2012). Rendimiento del maíz de riego tratado con zeolita mas fertilizantes en el estado de Guerrero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(6), 1129-1144. Recuperado en 15 de octubre de 2015, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600006&lng=es&tlng=es

Guerrero, R. J.C. 2012. Beneficios adicionales de los ácidos húmicos. Pág. 1.

Hénin, S; G Monnier & A Combeau. 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. Ann. Agron. 9: Pp 73-92.

Hernández, M. C; Chavez, A. B. 1987. Valor nutritivo de los alimentos Mexicanos. Tablas de uso práctico. Publicaciones de la División de la Nutrición. 10ª Edicion. Instituto Nacional de la Nutricion. D.F, Mexico. 35 p.

Kay, B. D. 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil Science 12: Pp 1-52.

Kemper, W. D; Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. Pp 425-442. In: A. Klute (ed.) Methods of soil analysis: Part I, physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, madison, WI.

Kononova, M. M. 1982. *Materia Organica del Suelo. Su naturaleza, propiedades Y métodos de investigacion.* 1ra Edicion. Editores Oikos – Tau, S.A. Barcelona, España. 365 p.

Lewis, M. D.; Moore, F. D. and Goldsberry, K. L. 1983. Ammonium-exchanged clinoptilolite and granulated clinoptilolite with urea as nitrogen fertilizers. In: Pound, W.G. and Mumpton, F.A. (eds). *Zeo-agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture.* Westview Press. Boulder, Colorado. Pp 105-111.

Low, A. J. 1972. The effect of cultivation on the structure and other physical properties of grassland and arable soils (1945-1970). *Journal of Soil Science* 23: Pp 363-380.

Luters, A; Salazar, J. C. 2000. *Guía para la Calidad y Salud del Suelo.* United States Department of Agriculture. 82 p.

Meza, P. E. 1996. Estudio comparativo de las propiedades físicas e hídricas entre los Andosoles de cultivo y bosque del Cofre de Perote, estado de Veracruz, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 191 p.

Meza, P. E; Geissert, K. D. 2003. Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre De Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana [en línea]* (5). [Fecha de consulta: 21 de junio de 2015]

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750209>

Montero, S. M.; B. K. Singh y R. Taylor. 2006. Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el tropico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical* 2(1), 27-37.

Mumpton, F. A. 1983. Natural zeolites. In: Pound, W. G. and Mumpton, F. A. (eds.). *Zeo-agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture.* Westview Press. Boulder, Colorado. 33-43 pp.

Narro, F. E. 1997. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de la papa. En Foro de investigación en el cultivo de la papa. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Omega Agroindustrial, 1989. Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo, Coahuila, México. S.A. de C.V.

Parkin, T. B; Doran, J. W. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. Pp 231-246. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality.* SSSA Spec. Publ. 49. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Pertanika, J. 2012. Design of an Object-oriented Framework for Modelling the Partitioning of Captured Solar Radiation and Evapotranspiration in Inter-cropping Systems. *Agric. Sci.* 35 (2). Pp 319-337.

Pirela, H. J. and Barbarick, K. A. 1983. Agronomic and horticultural uses of zeolites: a review. In: Pound, W. G. and Mumpton, F. A. (Eds.). *Zeo-agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Westview Press. Boulder, Colorado. 93-103 pp.

Ramos, R. 2000. Aplicacion de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis de doctorado. Universidad de Alicante. 335 p.

Raymundo, E. 2008. Parametros de transporte de Atrazina en un Andosol y un Vertisol de México. Tesis de doctorado. COLPOS. Montecillo, Texcoco, Edo. Mex, Mexico.

Rosales, N. 2004. Respuesta del Rabano (*Raphanus Sativus* L.) a densidades de siembra y aplicacion de sustancias fúlvicas (k-tionic) y húmicas (Humiplex std). Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

SAGARPA. 2005. Sistema de informacion agropecuaria de captura estadística agrícola. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentacion. SIAP. 4 p.

Shoji, S. M; Nanzyo, R. D; Dahlgren, R. 1993. Volcanicashsoils. Properties and utilization. Elsevier. *Soil Sc.* 21. Amsterdam, Holland. 288 p.

Soil Science Society of America. 1997. Glossary of Soil Science Terms 1996. Soil Science Society of America. Madison WI. 138 p.

Stevenson, I. L; Schnitzer, M. 1982. Transmission electron microscopy of extracted fulvic and humic acids *Sci.* 133: pp 179 – 185.

Tamaro, D. 1981. Manual de Horticultura. Editorial G. Gili S. A. Novena Edicion. Pp 191 – 196.

Tapia, G. I. 1989. Influencia de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y produccion del cultivo de jitomate en condiciones de hidroponia en invernadero. Tesis de licenciatura. Chapingo. México.

Tiscornia, J. R. 1988. Cultivo de hortalizas terrestre: bulbos, raíces. Albatros. Buenos Aires, Argentina.

Tisdall, J. M; Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33. Pp 141-163.

Vidal, I; Fernández, B; Duarte, N. 1981. Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltracion y estabilidad de los agregados del suelo. *Agricultura Técnica* 41(2): Pp 83-88.

Vyn, T. J., and B. A. Rainbault. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.* 85: 10741079.

Ying, L; Teh, C; Kah, G; Moraidi, A. 2012. Efects of Four Soil Conservation Methods on Soil Aggregate Stability. *Soil Science*. Selangor, Malaysia. 56 p.

IX. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

https://es.wikipedia.org/wiki/Raphanus_sativus

[Fecha de consulta: 14 de junio de 2015]

<https://es.wikipedia.org/wiki/Zeolita>

[Fecha de consulta: 15 de junio de 2015]

<http://www.cadenahortofructicola.org/admin/bibli/417rabano.pdf>

[Fecha de consulta: 14 de junio de 2015]

<http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

[Fecha de consulta: 15 de junio de 2015]

<URL://WWW.nortecastilla.es/canalagro/d...izas/rabano.htm>

[Fecha de consulta: 14 de junio de 2015]

<http://www.siap.gob.mx/rabano-rabanito/>

[fecha de consulta: 16 de junio de 2015]