

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Producción de Maíz con Aplicación de Leonardita Cristalizada a Diferentes Concentraciones

Por:

**ALEXANDER ALVAREZ MOLINA**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de Maíz con Aplicación de Leonardita Cristallizada a Diferentes  
Concentraciones

Por:

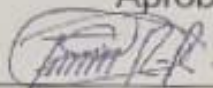
**ALEXANDER ALVAREZ MOLINA**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

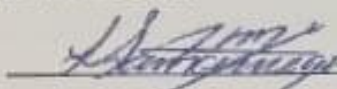
**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

ASESOR PRINCIPAL



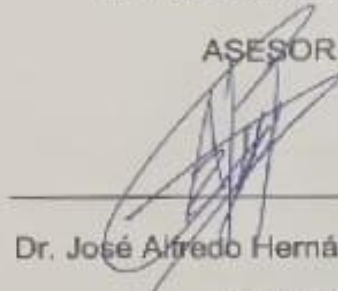
Dr. Luis Samaniego Moreno

ASESOR



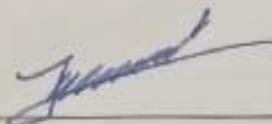
Dra. Alma Patricia Villanueva García

ASESOR



Dr. José Alfredo Hernández Maruri

ASESOR



M.C. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Saltillo, Coahuila, México Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de Maíz con Aplicación de Leonardita Cristalizada a Diferentes Concentraciones

Por:

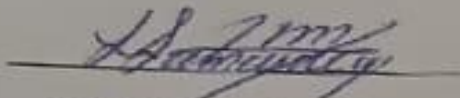
**ALEXANDER ALVAREZ MOLINA**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

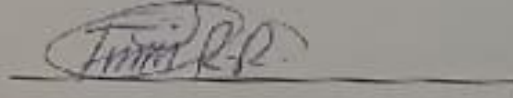
**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



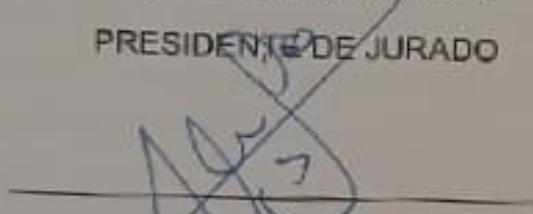
Dr. Luis Samaniego Moreno

PRESIDENTE DE JURADO



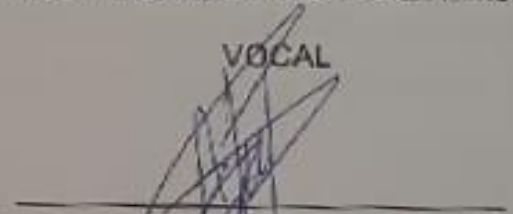
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

VOCAL



Dra. Alma Patricia Villanueva García

VOCAL



Dr. José Alfredo Hernández Maruri

VOCAL SUPLENTE



M.C. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Saltillo, Coahuila, México Diciembre 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios** por guiarme en mi camino, por iluminar mí camino y aumentar mi fe en el transcurso de mi vida; por fortalecerme a diario y darme la oportunidad de seguir con mis metas y por estar a mi lado en los momentos más difíciles

**A mi alma mater** por ser el lugar donde pude adquirir mis conocimientos, haberme brindado la oportunidad de tener grandiosas experiencias y ser un pilar de apoyo para nuevas generaciones.

**A mis padres**, por darme la oportunidad de estudiar, creer en mis capacidades y apoyarme en todo lo que me he propuesto a realizar a lo largo de mi carrera universitaria.

**A mi familia**, por apoyarme durante el desarrollo de esta investigación y creer en mí.

**A mis abuelos**, por brindarme apoyo incondicional en todo, por siempre creer en mí.

**A mi novia y amiga**, por estar conmigo cada día de mi carrera universitaria, siempre creer en mí, estar conmigo en la distancia.

**Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos**, por haberme apoyado durante el desarrollo de esta investigación, compartiendo sus conocimientos e instruyéndome a aplicarlos.

**Al Dr. Luis Samaniego Moreno**, por su apoyo durante el trayecto de mí carrera universitaria, por los conocimientos que me aportó a lo largo de estos últimos años.

**A la Dra. Alma Patricia Villanueva García**, por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación, tiempo y compartiendo sus conocimientos.

**Al Dr. José Alfredo Hernández Maruri**, por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación, tiempo y compartiendo sus conocimientos.

**A mis amigos**, por estar conmigo durante esta etapa de mi vida, por apoyarme y creer en mis capacidades.

**¡Gracias por todo!**

## DEDICATORIAS

**A mis padres.** Marisol Molina Espinoza y Servando Alvarez Zarate. Por darme la vida, por no rendirse conmigo apoyándome en cada minuto y los consejos para vivirla, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Siempre aconsejándome en cada cosa que quiero hacer en mi vida y apoyarme. Por ser los mejores padres esto es gracias a ustedes, y por estar ahí para levantarme en esos momentos más difíciles los amo.

**A mi hermano.** Servando Antonio Alvarez Molina. Por siempre creer en mí y enseñarme lo que es el cariño incondicional. Con nuestras diferencias y todo siempre vamos a estar juntos en las buenas y en las malas. Te amo.

**A mis abuelos.** Adolfo, Piedad (+), Manuel (+), Cipriana. Gracias por todo lo que han hecho por mí, nunca tendré forma de pagarles, gracias por sus enseñanzas y por los regaños que me han dado, han formado esta persona que soy. Los amo.

**A mis tíos.** Luis Rey A. Z., Martina A. Z., Mario L. H., Lucefina A. Z. y especialmente a Elda Alvarez Zarate (Tita, por los consejos de vida por acompañarme y por el amor incondicional). Por todo el cariño que desde niño me han tenido. Gracias por todo lo que han hecho por mí, nunca tendré forma de pagarles, gracias por sus enseñanzas. Los amo.

**A mis primos.** José Luis Alvarez López y esposa Anita. Por creer en mí y estar ahí en todo momento, y Uriel, Jessica, Lupita López Álvarez. Por brindarme siempre ese cariño de hermanos, estar ahí para mí en las buenas en las malas apoyándonos mutuamente siendo los mejores siempre a cada momento. Los amo

**A mi novia y amiga.** María de la Luz Martínez G. Por siempre haber estado para mí, en la distancia y en la cercanía. Gracias por estar conmigo a lo largo de todos estos años y haberme apoyado en cada uno de mis planes. Te amo.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIAS .....	V
TABLA DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS .....	IX
RESUMEN .....	X
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 General .....	2
2.2 Objetivos específicos .....	2
III. HIPÓTESIS .....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1 Cultivo del Maíz .....	3
4.1.1 Origen.....	3
4.1.2 Clasificación taxonómica del Maíz.....	3
4.2 Morfología del Maíz.....	3
4.2.1 Tallo.....	4
4.2.2 Sistema radicular fibroso .....	4
4.2.3 Las hojas .....	4
4.2.4 Sistema floral.....	4
4.2.5 Fruto .....	5
4.2.6 Grano .....	5
4.3 Importancia .....	5
4.4 Condiciones Edafoclimáticas .....	6
4.4.1 Altitud .....	6
4.4.2 Precipitaciones y requerimientos hídricos. ....	6

4.4.3	Temperatura .....	6
4.4.4	Suelos .....	7
4.5	Leonardita .....	7
4.5.1	Ácidos húmicos .....	7
4.5.2	Ácidos fúlvicos.....	8
4.5.3	Agente quelante .....	9
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
5.1	Establecimiento del área experimental.....	10
5.2	Material vegetativo .....	10
5.3	Leonardita (cristal) comercial utilizada.....	10
5.4	Aplicaciones de leonardita cristalizada .....	11
5.5	Variables de respuestas.....	11
5.5.1	Altura de planta (AP) .....	11
5.5.2	Materia seca en hoja (MSH), Materia seca en tallo (MST), .....	11
5.5.3	Relación Hoja/Tallo (R: H/T).....	12
5.6	Diseño experimental .....	12
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
6.1	Altura de la planta (AP) .....	13
6.2	Materia seca en hoja (MSH) .....	14
6.3	Materia seca en tallo (MSTA).....	15
6.4	Materia seca en espiga (PSE) .....	16
6.5	Peso seco en grano (PSG) .....	17
6.6	Materia seca parcial aérea (MSPA) .....	18
6.7	Relación hoja tallo (RHT) .....	19
VII.	CONCLUSIONES.....	21
	LITERATURA CITADA.....	22
VIII.	ANEXOS .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. ....	13
Figura 2. Materia seca de hoja de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo.....	14
Figura 3. Materia seca en tallo de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo.....	15
Figura 4. Materia seca en la espiga de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. ....	16
Figura 5. Peso seco en grano de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo.....	17
Figura 6. Materia seca parcial aérea de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo.....	18
Figura 7. Relación hoja tallo de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo.....	20



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de medias de altura de la planta .....	27
Cuadro 2. Comparación de medias de materia seca en hoja .....	28
Cuadro 3. Comparación de medias de materia seca en tallo.....	29
Cuadro 4. Comparación de medias de materia seca en espiga.....	30
Cuadro 5. Comparación de medias de peso seco en grano .....	30
Cuadro 6. Comparación de medias de materia seca parcial aérea.....	31
Cuadro 7. Comparación de medias de relación hoja tallo.....	32

## RESUMEN

El uso de leonardita en forma cristalizada en maíz (*Zea mays* L.) ha cobrado importancia en la última década por los beneficios que tiene como agente quelatante en la producción y rendimiento de grano lo cual debe estudiarse. El experimento se estableció en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, en el ciclo Primavera - Verano 2020, donde se sembró el híbrido AN – 477. Los tratamientos fueron: 5, 8, 12 (ml de leonardita/L de agua de riego), más un testigo. Se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, cinco plantas por repetición. El objetivo fue determinar el efecto de leonardita en presentación de cristal a diferentes concentraciones, sobre altura de planta, acumulación de materia seca en hoja, acumulación de materia seca en tallo, rendimiento de grano, acumulación de materia seca aérea, índice de área foliar y relación hoja tallo; del híbrido comercial “AN-447 En las variables altura de planta, acumulación de materia seca en hoja y tallo, peso seco de grano, peso seco en espiga, materia seca parcial aérea se obtuvo que con una concentración de 5 ml/L de Leonardita (cristal) superó a las concentraciones altas de 8 y 12 ml/L y al testigo. Lo cual nos indica que en concentraciones mayores no existe un efecto positivo, El rendimiento no decayó, lo cual es un indicador de que la leonardita cristalizada actúa como agente quelatante natural que favorece la disponibilidad de nutrientes del suelo.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., Leonardita, Rendimiento

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de leonardita en forma cristalizada en maíz (*Zea mays* L.) ha cobrado importancia en la última década por los beneficios que tiene como agente quelatantes en la producción y rendimiento de grano. Gutiérrez *et al.* (2015) plantean que la leonardita es una forma oxidada de lignitos de carbono, que se obtiene de materiales orgánicos fosilizados y este tipo de material se utiliza para la extracción de ácidos húmicos (AH). Los mismos autores demuestran que los ácidos húmicos obtenidos a partir de leonardita incrementaron la estabilidad de los agregados del suelo en cultivos bajo condiciones de invernadero en melón, además de contribuir positivamente en el desarrollo radicular de las plantas.

De acuerdo con Zamboni *et al.* (2006), el componente orgánico del suelo, que incluye a los ácidos húmicos y fúlvicos, puede interactuar con los factores tanto climáticos como biológicos para promover una mayor productividad y desarrollo de las plantas. Elizarrarás *et al.* (2009), mencionan que los 2 componentes principales de la leonardita son el ácido húmico y el fúlvico, que contienen entre el 50 a 62% de carbono.

Hoy en día el uso de sustancias húmicas se ha ido incrementando en sistemas de producción de flores bajo condiciones de invernadero, con el fin de aumentar la productividad y calidad, las que por sus características necesitan de una fertilización intensiva. Paradian y Samavat (2012), estudiaron el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en flores de *Lilium*, donde encontraron que el nivel de antocianinas aumentó significativamente, asimismo, afirmaron que la producción de estos pigmentos en la planta son mecanismos de defensa.

Por ello el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de leonardita en presentación de cristal a diferentes concentraciones, sobre altura de planta, acumulación de materia seca en hoja, acumulación de materia seca en tallo, rendimiento de grano, acumulación de materia seca aérea, índice de área foliar y relación hoja tallo; del híbrido comercial "AN-447".

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Evaluar tres concentraciones leonardita en presentación de cristal y un testigo en la producción de maíz.

### **2.2 Objetivos específicos**

a) Evaluar las concentraciones de leonardita cristalizada en las variables de crecimiento: altura de planta, materia seca en hoja, materia seca en tallo, materia seca en espiga, peso seco de grano, materia seca parcial aérea y relación hoja tallo en el maíz híbrido AN-447.

b) Determinar el comportamiento de las concentraciones de leonardita cristalizada en la producción del rendimiento de grano comparándolo con el testigo.

## **III. HIPÓTESIS**

Las concentraciones de leonardita (cristal) tienen un efecto positivo en la producción de plantas de maíz híbrido AN-447.

Las concentraciones de leonardita (cristal) no tiene efecto positivo sobre la producción de plantas de maíz híbrido AN-447.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Cultivo del Maíz

#### 4.1.1 Origen

La teoría del origen del origen del maíz fue propuesta por Kato *et al.* (2009), quienes con base en la constitución de los nudos cromosómicos de los maíces y teocintles de América consideró que el maíz fue originado y domesticado en varias regiones entre México y Guatemala (Mesoamérica), es decir, que el maíz tuvo un inicio multicéntrico, determinando cinco centros de diversificación que fueron definidos junto con los de domesticación: 1) Mesa Central de México, que dio origen al Complejo Mesa Central; 2) región de altura media de Morelos, México, Guerrero y sus alrededores, que originó el Complejo Pepitilla; 3) la región Centro-Norte de Oaxaca, que origino el Complejo Tuxpeño; 4) el territorio entre Oaxaca y Chiapas de donde resulta el Complejo Zapalote y 5) la región alta de Guatemala, del cual surgió el Complejo Altos de Guatemala (Kato, 2005).

#### 4.1.2 Clasificación taxonómica del Maíz

Según Cabrerizo (2012), el maíz se puede clasificar de manera taxonómica.

Reino: Vegetal,

Subreino: *Embryobionta*

División: *Angiospermae*

Clase: *Monocotyledoneae*,

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Zea*

Especie: *Mays*

Nombre científico: *Zea mays L.*

### 4.2 Morfología del Maíz

#### **4.2.1 Tallo**

Es una planta de tallo cilíndrico, simple, recto, robusto, y nudoso, según la variedad puede presentar un color verde, verde claro, morado. Alcanza una altura de 1 a 3 m. o más. El tallo se estructura en epidermis, la pared y la médula (Morales, 2015).

#### **4.2.2 Sistema radicular fibroso**

Se distinguen 3 tipos de raíces: temporales, permanentes y adventicias. Las temporales aparecen cuando germina el grano, por lo consiguiente son reemplazadas por las raíces permanentes. Las raíces permanentes pueden llegar a profundizar hasta 2 m, en condiciones favorables y se dividen en principales, laterales y capilares. Las raíces adventicias, brotan en los 2 o 3 primeros nudos del tallo, por encima del suelo (Morales, 2015).

#### **4.2.3 Las hojas**

Las hojas por lo general son lanceoladas, anchas y largas con bordes lisos, en la mitad superior de la planta brota una o dos yemas laterales ubicadas en la zona axilar de las hojas, donde se desarrolla la inflorescencia femenina, para finalmente convertirse en mazorca, en esta parte la planta guarda las reservas (Ortiz, 2017).

#### **4.2.4 Sistema floral**

Es una planta monoica de flores unisexuales (flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en el mismo pie): la inflorescencia masculina es terminal, denominada como panícula o espiga. La panícula puede presentarse de coloración verde, amarilla, rojiza o morada, debido a que está relacionada con la tonalidad de las glumas y anteras (Kato *et al.* 2009).

Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se desarrollan en las yemas axilares de las hojas, son espigas formadas por un raquis central de forma cilíndrica donde emergen las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, un largo estilo con propiedades estigmáticas donde germina el polen (Kato *et al.* 2009).

#### **4.2.5 Fruto**

La mazorca o inflorescencia femenina tiene la capacidad de producir hasta 1000 granos, distribuidos entre 6 a 12 pares de hileras por mazorca. Cada grano o semilla es un fruto individual conocido como cariósipide, insertados en el raquis u olote.

El grano de maíz se constituye por 4 estructuras principales (pericarpio, endospermo, germen o embrión y la pilorriza), se le atribuyen propiedades físicas y químicas como color, textura, tamaño, etc. muy importantes en la selección del grano como alimento (Kato *et al.* 2009).

#### **4.2.6 Grano**

El grano se dispone en hileras longitudinales en la mazorca. Es generalmente en un plano perpendicular al eje de la mazorca, como es el caso de la mayoría de los híbridos actuales.

El grano se inserta a la mazorca por el pedúnculo de la flor. El grano posee un número de líneas por mazorca de 10 a 22, el número por línea de 18 a 42. El número de granos es el más sensible a la variación ambiental y a la disponibilidad de componentes como la radiación, temperatura, agua y nutrimentos en el suelo; mientras que el peso de grano es más estable y depende principalmente de la relación fuente/demanda durante el periodo de llenado de grano (Noriega, *et al.* 2011).

### **4.3 Importancia**

El maíz (*Zea Mays L.*) es el cultivo más importante en México por varias razones: se producen alrededor de 18.2 millones de toneladas en una superficie de 8.5 millones de hectáreas y presenta el mayor número de productores (3.2 millones de un total de 4 millones agrícolas), en su mayoría ejidales. Alrededor de 90 % de la producción es de maíz blanco y se destina al consumo humano (Loera, *et al.* 2006). De acuerdo con la (FAO, 2019), se registró un notable cambio en la producción y rendimiento de maíz en el mundo, cuya última cifra es aproximadamente 197 204 250 hectáreas cosechadas con una producción de 1

148 487 291 toneladas/año por lo tanto se destaca el crecimiento constante a nivel mundial.

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México dada la superficie, producción y valor económico generado (SIAP, 2020); es una de las principales fuentes de alimento, principalmente en forma de tortillas y se estima un consumo promedio anual per cápita de 335.8 kg; provee 38.8 % de las proteínas y 45.2 % de las calorías diarias necesarias, especialmente en la población rural (Fernández, *et al.* 2013).

De acuerdo con el SIAP (2020), se establecieron de maíz 7.4 millones de hectáreas que representaron el 41.4 % de la superficie nacional agrícola establecida, seguida de frijol (9.3 %) y sorgo para grano (8.2 %); esto demostró la importancia de la especie sobre el resto de los cultivos.

#### **4.4 Condiciones Edafoclimáticas**

##### **4.4.1 Altitud**

Se adapta a todas las altitudes, las óptimas son 1000 msnm y hasta los 3000 msnm (Bonilla, 2009).

##### **4.4.2 Precipitaciones y requerimientos hídricos.**

Establecer un cronograma de requerimientos hídricos para cada etapa fenológica del cultivo permite una mejor eficiencia en el uso del agua, en caso contrario una precipitación de 550 mm a 2.000 mm por año, es óptima para suplir sus necesidades. Según García *et al.* (2019), los requerimientos de agua para el cultivo de maíz se presentaron de 1,37 mm/día en la etapa inicial a 6,49 mm/día en la etapa media, acumulando un total de 546,3 mm/día durante su periodo vegetativo. Resultados que coincidieron con los requerimientos mínimos de agua para las diferentes fases fenológicas con aproximadamente 700 mm y temperaturas de 21-27°C (Fuentes *et al.* 2001).

##### **4.4.3 Temperatura**

El maíz exige una temperatura de 20 - 25 °C, humedad y aireación apropiadas, el maíz germina dentro de los seis días posteriores a la siembra. Para una buena



producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20 y 30 °C. La temperatura superior a 30°C y hasta 30°C o más, reduce el rendimiento y determinan un cambio cualitativo significativo en la composición de la actividad enzimática, y se ven afectadas al máximo cuando coinciden temperaturas elevadas y falta de agua (Monárrez, 2013).

La temperatura y el aire se encuentran relacionados entre sí en cualquier lugar, la coincidencia de estos factores sobre todo al final del ciclo es que contribuye a retardar la madurez del grano, por otra parte, un exceso de humedad también puede originar la presencia de enfermedades en el cultivo (Bonilla, 2009).

#### **4.4.4 Suelos**

Los suelos ideales para el maíz son los profundos de textura media con pH ligeramente ácido o neutro, bien drenados y con alta capacidad de potencial de humedad, sin embargo, si el cultivo es bien manejado crece satisfactoriamente en una amplia variedad de suelos (Guerra, 1993).

#### **4.5 Leonardita**

La Leonardita como materia prima es utilizada para la fabricación de fertilizantes a base de ácidos húmicos y fúlvicos, difiere de las turbas humificadas por su mayor grado de oxidación y su bioactividad a través de su estructura molecular. Los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos se extraen de la Leonardita mediante proceso químico. De ahí, estos ácidos se formulan en diferentes concentraciones, por separado o mezclados con otros nutrientes (Cuadra y Ramos 2002).

En el mercado existen productos a base de ácidos húmicos de distinto origen, destacando aquellos derivados del mineral Leonardita, por su alta reactividad y estabilidad en su composición (Imbufe, *et al.* 2005).

##### **4.5.1 Ácidos húmicos**

Los ácidos húmicos son la fracción de sustancias húmicas soluble en medio alcalinos e insoluble en ácidos minerales y son de color café oscuro a negro y están compuesto de 62 % de carbono y 30 % de oxígeno. Los ácidos húmicos

de distintos suelos y materia orgánica en descomposición presentan estructura muy semejante, la forma de las moléculas juegan un papel importante en la formación de la estructura de suelo, el hecho de que estas moléculas poseen una estructura flexible y ramificada con una multitud de cavidades interna, que determina su capacidad de absorción frente al agua (Hernández, 2011).

Las sustancias húmicas y fúlvicas ayudan directamente al crecimiento y desarrollo de la planta a través de los efectos fisiológicos y nutricionales. Algunas funcionan como hormonas naturales de las plantas (auxinas y gibelinas) y son capaces de mejorar la germinación de las semillas y la iniciación radical, pueden servir también como fuente de nitrógeno, fósforo y azufre (Mata, 2015).

#### **4.5.2 Ácidos fúlvicos**

Es la fracción de sustancias solubles en medio alcalino y no se precipita en medio ácido. Son polímeros con tallo aromático, grupo fenólicos y alto contenido de grupo 10 carboxílicos con peso molecular bajo de 45 % de carbono y 48 % de oxígeno tiene una alta capacidad de intercambio catiónico. Una de sus características es la coloración más clara, mayor contenido de oxígeno y baja contenido de carbono (Díaz, 2003).

Según Zachariakis *et al.* (2001), señalan que las sustancias húmicas promueven el crecimiento de las plantas, aumentan el número de brotes laterales, mayor altura, contenido de materia seca (hoja tallo y raíces), concentración foliar de clorofila. Además, promueve mayor contenido de carbohidrato, aumenta los niveles de fosforo y potasio en raíces, así como también los niveles de calcio manganeso y zinc.

Gómez (2012), señala que en estudios de efectos benéficos de la sustancia húmica en el desarrollo de vegetales en diferentes etapas, se ha encontrado principalmente en la germinación de semilla y producción de plántulas, un aumento en el porcentaje de germinación de semillas de trigo, maíz y cebada y crecimiento de raíz, además de un aumento en la tasa de respiración.

### 4.5.3 Agente quelante

Un agente quelante, o antagonista de metales pesados, es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados. A estos complejos se les conoce como quelatos, palabra que proviene de la palabra griega chele que significa "garra".

Los quelatos son complejos formados por la unión de un metal y un compuesto que contiene dos o más ligandos potenciales. El proceso de formación del quelato se conoce como quelatación o quelación. El producto de tal reacción es un anillo heterocíclico. Un quelante es un ligando polidentado que se coordina a un ion central por dos o más átomos dativos. Los anillos de 5 a 6 miembros poseen más estabilidad, por lo que se diseñan quelantes polidentados, es decir, multiligantes, para lograr complejos de alta estabilidad. La formación de quelatos polidentados da por resultado un compuesto mucho más estable que cuando el metal se une solamente con un átomo ligante (monodentado). Esto se debe sobre todo a efectos entrópicos, ya que después de la primera coordinación las demás etapas suelen producirse liberando los ligandos coordinados anteriormente y aumentando así la entropía del sistema.

La estabilidad de los quelatos varía con el metal y con los átomos ligantes. Por ejemplo, el mercurio y el plomo tienen mayor afinidad por el azufre y el nitrógeno que por el oxígeno. Estas diferencias sirven como base de la acción de los quelantes en el cuerpo humano.

Una de las aplicaciones de los agentes quelantes es evitar la toxicidad de los metales pesados para los seres vivos (González, 2010).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Establecimiento del área experimental

El experimento se estableció en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, en el ciclo Primavera - Verano 2020, donde se sembró el híbrido AN – 477. Los tratamientos fueron: 5, 8, 12 (ml de leonardita/L de agua de riego), más un testigo. Se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, cinco plantas por repetición; la unidad experimental fue de 13.5 m<sup>2</sup>. A los datos obtenidos se les realizó el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM). Se aplicó un ANVA y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

### 5.2 Material vegetativo

El híbrido AN-447 presenta características agronómicas: tipo de grano blanco semidentado, forma de mazorca cilíndrica, tamaño de mazorca grande, altura de planta promedio de 2.8 mts. (2.5-3.10mts.), altura de mazorca promedio de 1.3 mts. (1.2-1.5), ciclo vegetativo intermedio, floración de 75 a 80 días, días a cosecha (de grano) de 140 a 150 días, tipo de hoja semierecta, color de hoja verde claro, acame tolerante resistente, cobertura buena, resistencia a enfermedades tolerante y comportamiento en tipo de suelo arenoso (bueno), limoso (muy bueno), arcilloso (bueno).

### 5.3 Leonardita (cristal) comercial utilizada

Descripción: producto altamente concentrado de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de la leonardita que están caracterizados por ser 99 % solubles.

Recomendaciones de uso: se aplica al suelo o se mezclan con los fertilizantes sólidos. Esto puede ser en pre-siembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Puede ser utilizado para cualquier cultivo y es compatible con la mayoría de los fertilizantes y plaguicidas.

Especificaciones:

Nombre: AHAF-99

pH: 8 - 9

Color: Negro

Apariencia: Cristales

Tipo: Bioestimulante

Residual: no es residual

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: 3 g. por litro de agua

Familia química: No aplica ácidos húmicos

Compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

Ácidos..... húmicos 68 %

Ácidos..... fúlvicos 31 %

Total, de sustancias..... húmicas 99 %

#### **5.4 Aplicaciones de leonardita cristalizada**

- Primera aplicación. - 8 DDS
- Segunda aplicación. - 20 DDS
- Tercera aplicación. - 40 DDS
- Quinta aplicación. - 60 DDS
- Dichas aplicaciones fueron directamente al suelo junto al área radicular

Nota: DDS: días después de la siembra

#### **5.5 Variables de respuestas**

##### **5.5.1 Altura de planta (AP)**

Sé midió altura a cinco plantas permanentes, seleccionadas al azar al inicio del ciclo de cultivo. Este proceso se realizó cada catorce días después de la siembra.

##### **5.5.2 Materia seca en hoja (MSH), Materia seca en tallo (MST)**

Se cortaron tres plantas seleccionadas de manera aleatoria dentro de cada unidad experimental, se metieron en bolsas de papel, se secaron en una estufa a 65 °C por 72 horas y se pesaron en una balanza analítica, de los tres pesos se obtuvo el promedio para obtener el peso por planta y para expresarlo en kg ha<sup>-1</sup> se multiplicó por la población de plantas por hectárea. Se utilizaron la misma cantidad de plantas para estimar materia seca separando manualmente los componentes del rendimiento: Peso seco en hoja (MSH), Peso seco en tallo (MST), Peso seco en espiga (MESP) y Peso seco de grano (PSG), después se secaron en estufa a 65 °C durante 72 hr y se pesaron.

### 5.5.3 Relación Hoja/Tallo (R: H/T)

Del peso de hoja y tallo se obtuvo la relación Hoja/Tallo, al dividir el peso de la hoja entre el peso del tallo, mediante la fórmula siguiente:

Relación hoja tallo = H/T

H = peso seco del componente hoja (kg ha<sup>-1</sup>).

T = Peso seco del componente tallo (kg ha<sup>-1</sup>).

## 5.6 Diseño experimental

Se estableció un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones: T1: 5 ml/L, T2: 8 ml/L, T3:12 ml/L y T4: 0 ml/L. El análisis de los datos se realizó con el programa SAS versión 9.4.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ Donde:}$$

$Y_{ij}$  = Es Valor de la variable de respuesta, en la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$i = 1, \dots, t$  (número de tratamientos o variables).

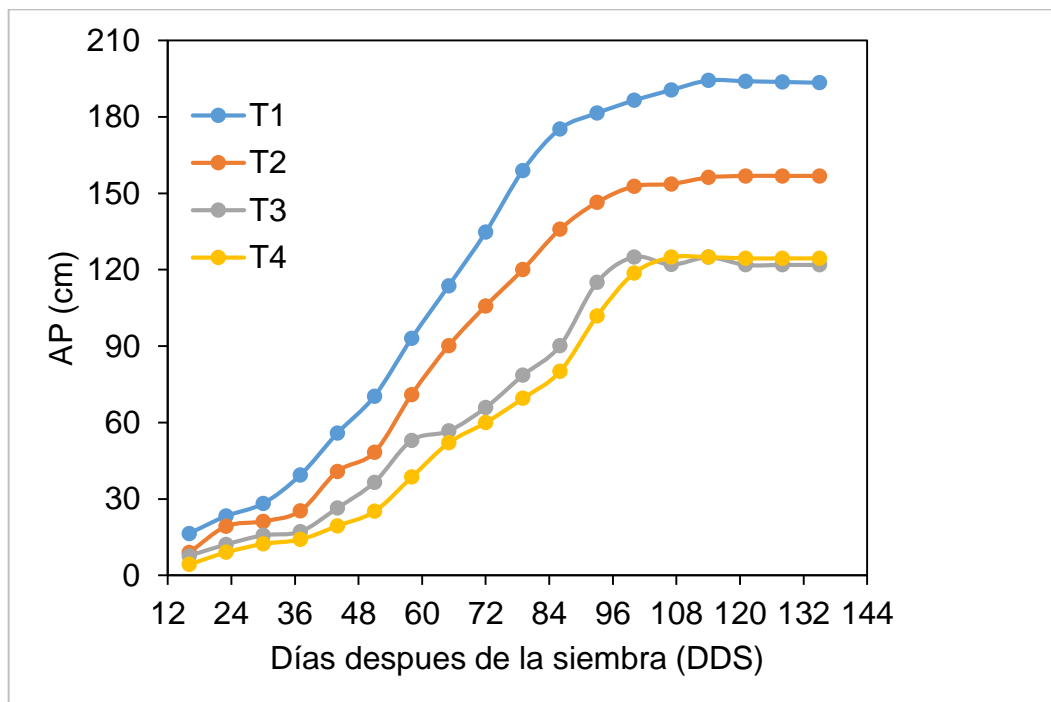
$\varepsilon_{ij}$  = Efecto de los errores experimentales de cada unidad  $j = 1, \dots, r$  (número de repeticiones)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Altura de la planta (AP)

El análisis de varianza en altura de planta presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) a los 16, 37 y a los 135 días después de la siembra (DDS) en donde la prueba de Tukey mostró que el tratamiento T1: 5 ml/L obtuvo los valores medios más altos con respecto a los tratamientos T2, T3 y T4. Por otra parte, los tratamientos T1, T2, T3, y T4 a los 23 y 30 DDS no presentaron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) lo cual indica que las plantas tuvieron igual crecimiento. A los 135 DDS el T4 (Testigo) superó en la altura de planta al T3 con la concentración más alta de Leonardita (cristal) de 12 ml/L (Cuadro 1, Anexos).

Lo anterior muestra que las concentraciones altas de 8 y 12 ml/L desarrollaron menor altura, esto se atribuye a que las concentraciones saturó a la planta e inhibió el crecimiento de las plantas (Figura 1).



**Figura 1.** Altura de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8 ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

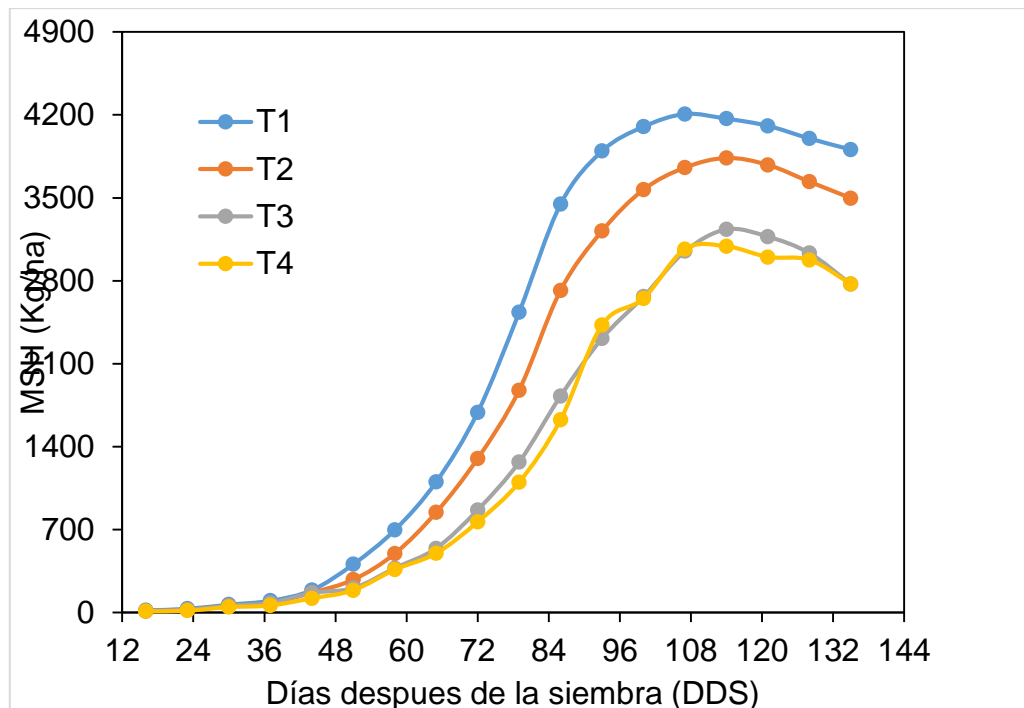
González, et al. (2018), detectaron un incremento de la longitud y el número de brotes basales en plantas de rosa por efecto de la aplicación de los ácidos

orgánicos. Tanto la longitud como el número de brotes basales mostraron la misma tendencia, ya que se presentaron los mayores valores en plantas tratadas con el producto derivado de la leonardita.

## 6.2 Materia seca en hoja (MSH)

Los resultados del análisis de varianza mostraron, de la materia seca en hoja, diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos a los 16, 30, 51, 58, 65, 72, 79, 93, 100 y 121 DDS superando el tratamiento T<sub>1</sub>: 5 ml/L a los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. En las mediciones 23, 37, 44, 86, 107, 114, 128 y 135 DDS donde no se presentó significancia, se observa que el tratamiento T1 (5 m l/L) supera a los demás tratamientos en la acumulación de materia seca en hoja del cultivo de maíz híbrido AN-447 (Figura 2) y (Cuadro 2, Anexos).

Lo anterior muestra que las concentraciones bajas superaron el peso seco en hoja por el efecto de los grupos carboxilos a estos se les atribuye mayor translocación de nutrientes.



**Figura 2.** Materia seca de hoja de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

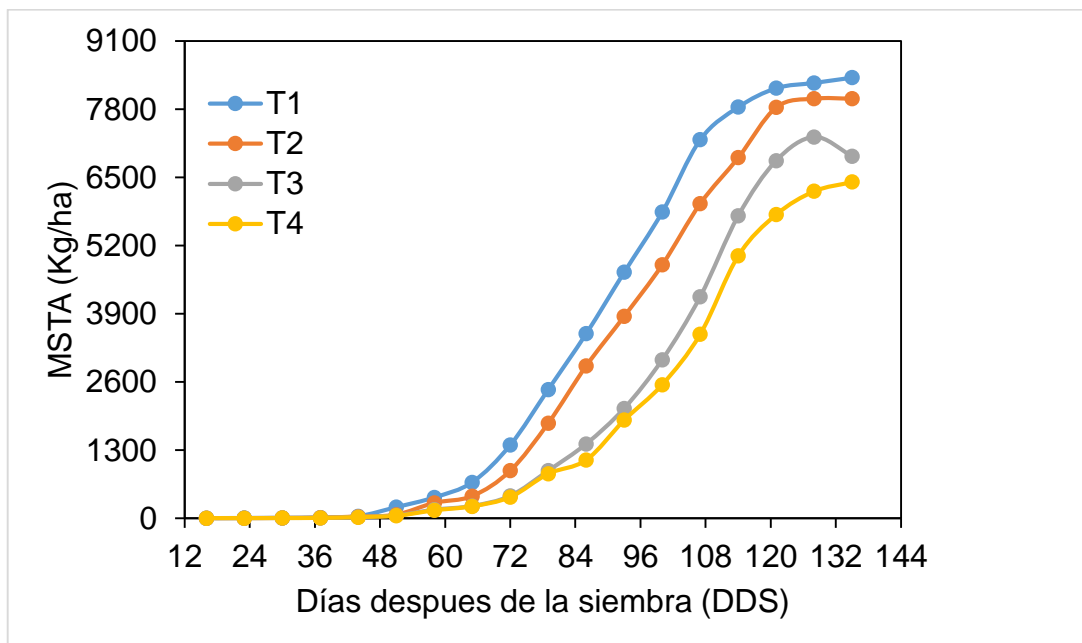


Al respecto Herrera (2011), sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de hojas (116.9 g/planta), con 9.1 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha en cultivo de maíz.

### 6.3 Materia seca en tallo (MSTA)

El tallo es el soporte de la planta y el sistema distribuidor principal del agua y nutrientes, de ahí que es importante que los nutrimentos estén fácilmente disponibles por los agentes quelatantes.

Los resultados del análisis de varianza de MSTA mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de 16 a 121 DDS. En estas mediciones se puede observar que el T1, con una concentración de 5ml/L, tiene los valores medios más altos en comparación con los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 3). En las mediciones 128 y 135 los tratamientos no presentaron diferencia significativa, lo cual indica que las plantas mantuvieron el mismo peso en relación con las demás mediciones (Cuadro 3, Anexos).

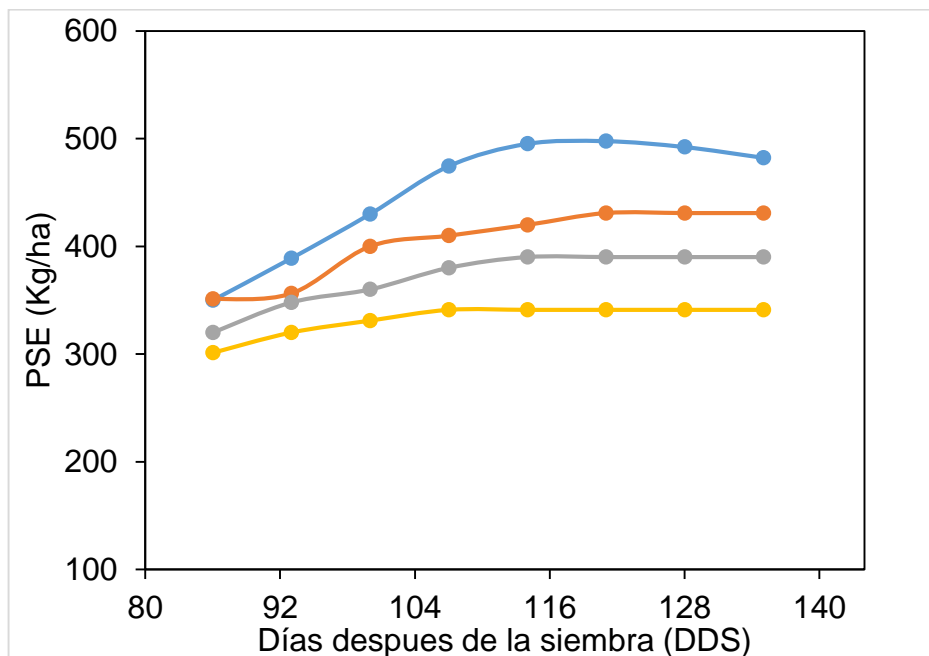


**Figura 3.** Materia seca en tallo de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

Al respecto Herrera (2011), sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente iguales para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de tallos (71.4 g/planta), con 7.2 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha en el cultivo de maíz.

#### 6.4 Materia seca en espiga (PSE)

Los resultados del análisis estadístico de peso seco en espiga mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en las mediciones 107 a 135 DDS. Esta respuesta de los tratamientos indica que la concentración de 5 ml/L estimuló el aumento en peso seco de espiga. Los valores bajos medidos a los 107 DDS de materia seca podríamos atribuir a que las concentraciones no presentaron efecto positivo (Figura 4). Por otra parte, en las mediciones 86,93 y 100 DDS no mostraron diferencia estadística, lo cual indica que las plantas no mostraron incremento de peso en la espiga en relación con las otras fechas DDS del híbrido AN-447 (Cuadro 4, Anexos).



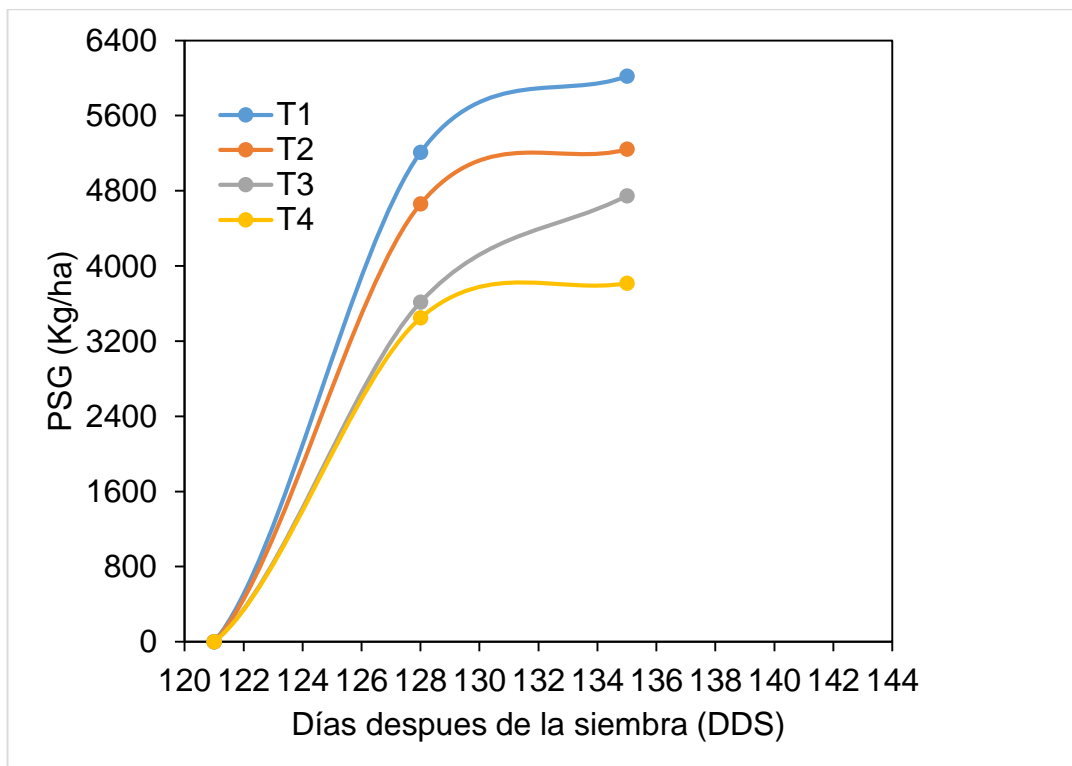
**Figura 4.** Materia seca en la espiga de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

En estudio realizado en cebada, se obtuvo resultados de que el uso con leonardita activada tiene efectos positivos en el peso seco de la espiga por planta T3 (Leonardita activada liquido), T1: Leonardita activada (Pellet), T4: Leonardita activada (Cristal + bacteria) y T2: Leonardita activada (Crista) superaron en un 65 %, 38 %, 34 %, 30%, respectivamente con el testigo (agua) evaluado (Vázquez ,2020).

## 6.5 Peso seco en grano (PSG)

El análisis de varianza de los datos de peso seco en grano mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en la medición 135 DDS, en la cual se presentaron los valores promedios más altos en el PSG, sobresaliendo la concentración 5 ml/L.

Por otra parte, en la medición 128 DDS los tratamientos no mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Estos resultados podrían atribuirse a que las concentraciones no estimularon al aumento de PSG (Figura 5) y (Cuadro 5, Anexos).



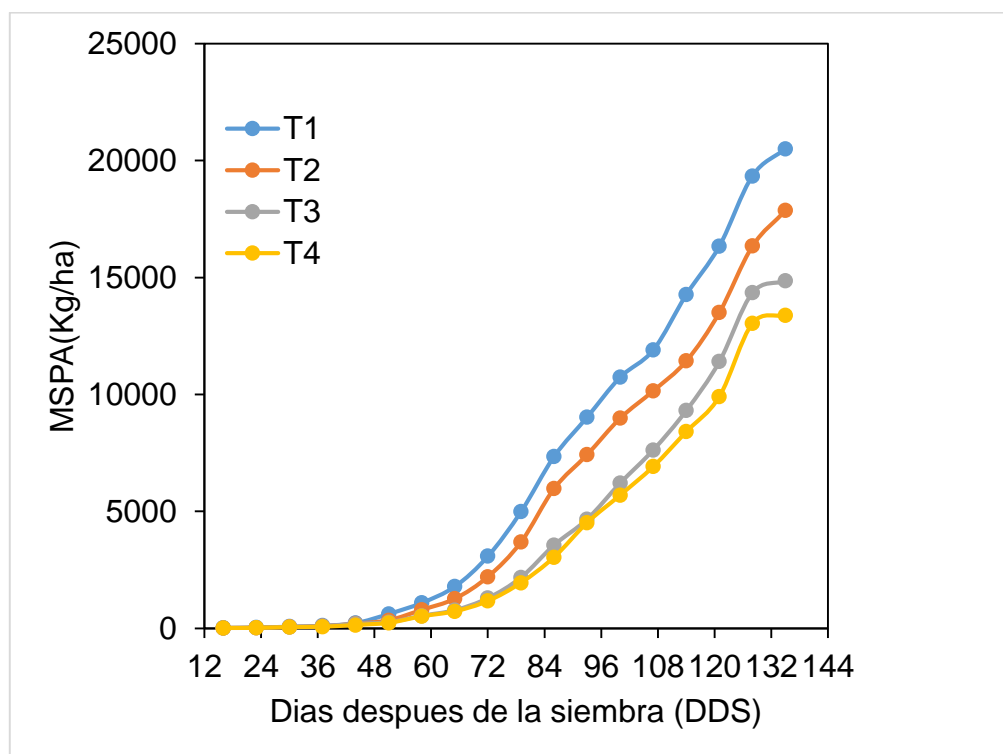
**Figura 5.** Peso seco en grano de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

Amaya (2020), obtuvo resultados positivos con la aplicación de leonardita en tres presentaciones; a los 131 DDS los tratamientos T4, T2, T1 Y T3 superaron en un 30.4%, 27.6%, 27.1% y 26.6% respectivamente al testigo T5. Estos cuatro tratamientos mostraron rendimientos superiores a los 3100 kg ha<sup>-1</sup> de PSG siendo el T4 el que obtuvo mejores resultados con un rendimiento promedio de 3287 kg ha<sup>-1</sup>.

Uno de los componentes numéricos del rendimiento es el peso de grano (PSG) el cual es definido durante el periodo comprendido entre floración y madurez fisiológica, y puede ser afectado tanto por estreses bióticos y abióticos (Estrada et al., 2008).

## 6.6 Materia seca parcial aérea (MSPA)

El análisis de varianza mostró significancia estadística para la variable MSPA en las mediciones 16 a 135 DDS, siendo el T1 (5 ml/L) quien presentó los valores medios más altos en las mediciones mencionadas en comparación con los tratamientos restantes. Estos resultados, presentan el mismo comportamiento que las variables antes evaluadas.



**Figura 6.** Materia seca parcial aérea de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo

El análisis conjunto de esta información arrojó como resultado que las concentraciones altas T2 (8 ml/L) y T3 (12 ml/L) promueven menos el incremento de MSPA en las plantas de maíz híbrido AN-447 durante todo el ciclo del cultivo en relación con la concentración de 5 ml/L (Figura 6) y (Cuadro 6, Anexos).

Los resultados obtenidos en rendimiento concuerdan con Cruz *et al.* (2001) en lo que se refiere a la producción de forraje en base a materia seca (t/ha), el promedio general obtenido fue de 22.6 ton ha<sup>-1</sup>, los materiales que superaron esta media fueron la AN-447 (29.27).

Lloveras e Iglesias (2001), demostraron que la concentración de materia seca aumenta al incrementarse la edad de cosecha.

Rivera *et al.* (2004) publicaron un artículo en el que obtuvieron producciones de 22.3 ton ha<sup>-1</sup> de MS con una lámina de riego de 59.6 cm de riego por goteo superficial.

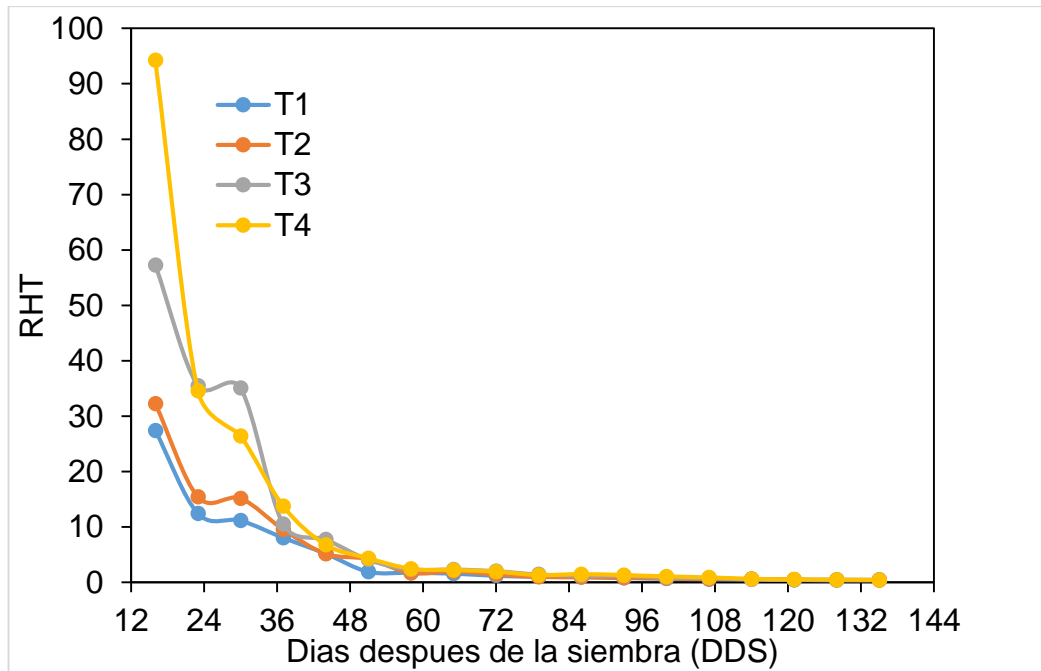
## **6.7 Relación hoja tallo (RHT)**

El análisis de varianza mostró significancia estadística ( $P < 0.05$ ) para la variable relación hoja tallo, en las mediciones 16, 23, 51 a 72 y 100 DDS, siendo el T4 (Testigo) quien presentó el valor medio más alto en las mediciones de 100 DDS en comparación con los otros tratamientos.

A partir de los 100 hasta 135 DDS tuvo un descenso en la relación hoja tallo de maíz híbrido AN-447 (Figura 7) y (Cuadro 7, Anexos).

Elizondo y Boschini (2002) indicaron que este comportamiento es el esperado cuando las plantas se cosechan a edades superiores a los cien días. Los mismos autores reportaron relaciones H: T superiores a 1,0 cuando la planta se cosechó antes de los setenta días (Elizondo y Boschini, 2001).

En general, la aplicación de Leonardita al cultivo del híbrido AN-447 de maíz tiene un efecto significativo en las variables evaluadas. Teniendo en cuenta que los AH en el suelo radica en el mantenimiento de los cationes en forma disponibles para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz (Bongiovanni y Lobartini, 2009).



**Figura 7.** Relación hoja tallo de la planta de maíz en el transcurso del ciclo del cultivo. T1: 5 ml/L, T2: 8ml/L, T3: 12 ml/L, T4: Testigo

Diferentes autores comprueban que el uso de la leonardita tiene un efecto positivo en el desarrollo fisiológico en diferentes cultivos,

Al considerar los beneficios de la Leonardita, la necesidad de un buen balance nutricional y un adecuado requerimiento de materia orgánica de buena calidad para los cultivos.

Noriega *et al.* (2015) obtuvieron respuestas superiores en el número de botones y flores comerciales en rosas, con el uso de ácidos húmicos comerciales, comparado con la lombricomposta y el testigo, donde no se aplicó fertilizante.

Cruz (2001), en resultados obtenidos concluyó que las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) solas o combinadas con fertilizantes inorgánicos influyeron significativamente en diferentes indicadores agronómicos como: altura de planta, producción de biomasa (peso seco de planta) y área foliar en el cultivo de papa, derivado por los efectos positivos que estas sustancias ejercen en el suelo. En el cultivo de papa, Sanli *et al.* (2013) encontró que al utilizar diferentes dosis de leonardita, donde las aplicaciones aumentaron el número de tubérculos por planta, el rendimiento comercial y total de los tubérculos, en comparación con el testigo.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se concluye que a bajas concentraciones de Leonardita (cristal) se obtienen efectos positivos en la producción del cultivo de maíz AN-447.

En las variables altura de planta, acumulación de materia seca en hoja y tallo, peso seco de grano, peso seco en espiga, materia seca parcial aérea se obtuvo que con una concentración de 5 ml/L de Leonardita (cristal) superó a las concentraciones altas de 8 y 12 ml/L y al testigo.

La leonardita cristalizada actúa como agente quelatante natural que favorece la disponibilidad de nutrientes del suelo.

## LITERATURA CITADA

- Amaya, M. H. R. 2020. *Evaluación del Crecimiento, Desarrollo y Producción de Trigo (Triticum durum) con Aplicación de Tres Presentaciones de Leonardita*. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Bongiovanni, M.D. y J.C. Lobartini 2009. *Efecto de sustancias orgánicas solubles del suelo sobre la absorción de hierro en plántulas de girasol*. CI. Suelo (Argentina) 27: 171-176.
- Bonilla M.N. 2009. *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de maíz*. 1ª. Edición. San José- Costa Rica. Editorial INTA. Pág. 17.
- Cabrerizo, C. 2012. *El maíz en la alimentación Humana*. Recuperado a partir de <http://www.infoagro.com>.
- Cruz, A., de la Rosa, B. O., Gloria, G., Fuentes, J., Rodríguez, S., & Castro, L. (2001). *Evaluación de variedades e híbridos de maíz (zea mays l.) para ensilado*. Agronomía Mesoamericana.
- Cruz, JM. 2001. *Ácidos húmicos y fúlvicos en papa (Solanum tuberosum L.) en la sierra de Arteaga, Coahuila*. Tesis Lic. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria. 98 p.
- Cuadra, S., y Ramos, N. 2002. Universidad Nacional Agraria. *Obtenido de efecto de diferentes niveles de NPK en el comportamiento Agronómico de tomate en el valle de Sabaco Nicaragua*:  
<http://repositorio.una.edu.ni/1819/1/tnf04c961d.pdf>
- Díaz, C. 2003. *Efectividad de Ácidos Húmicos y Fúlvicos de Leonardita en la Producción y Calidad de Calabacita Larga "Grey zucchini"*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Elizarrarás, S; Serrato, J; López, E. 2009. *La aplicación de ácidos húmicos en las características productivas de Clitoria ternatea L. en la región Centro Occidente de México*. Revista AIA 13(3):11-15.
- Elizondo, J., y C. Boschini. 2001. *Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz*. Agron. Mesoam. 12:181-187.



- Elizondo, J., y C. Boschini. 2002. *Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido*. Agron. Mesoam. 13:13-17.
- Estrada, C. G.; Miralles, D. J. y Slafer, G. A. 2008. *Genotypic variability and response to water stress of pre and post-anthesis phases in triticale*. Eur. J. Agron. 28(3):171-177.
- FAO. 2019. *Producción y rendimiento de maíz*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Fernández S. R., L. A. Morales C. y A. Gálvez M. 2013. *Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional, una revisión indispensable*. Rev. Fitotecnia. Méx. 36:275-283.
- Fuentes, Jesús, & Cruz, Antonio, & Castro, Lorenzo, & Gloria, Gilberto, & Rodríguez, Sergio, & Ortiz de la Rosa, Benjamín 2001. *Evaluación de variedades e híbridos de maíz (Zea mays L.) para ensilado*. Agronomía Mesoamericana, 12(2) ,193-197. [Fecha de Consulta 27 de noviembre de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712210>
- García Huatay, M. K., Guerrero Padilla, A. M., & Cabrera Carranza, C. F. 2019. *Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos Saccharum officinarum L. (Poaceae) «caña de azúcar», Zea mays L. (Poaceae) «maíz» y Asparagus officinalis L. (Asparagaceae) «espárrago» en el valle Chicama, Perú*. Arnaldoa, 26(2), 793-814. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
- Gómez, M. 2012. *Obtenido de Comportamiento de ácido fúlvico de leonardita en raíz de tomate y la absorción de algunos nutrientes*. Universidad Autonomía Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- González A. J.T. 2010. *Especiación química y fitoextracción de plomo de un suelo contaminado por actividad industrial*. Tesis de Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila
- González, Marilú, Jiménez, Luis, Yáñez, Wilfrido, & Parducci, Paolo. 2018. *Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de*

- Guerra M. G. M. 1993. *Determinación de un calendario de riego operable en el distrito de riego #017 Para maíz híbrido AN-447*. Torreón, Coahuila, México septiembre de 1993.
- Gutiérrez, C; González, C; Segura, C; Sánchez, C; Orozco, V; Fortis H. 2015. *Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero*. *Phyton* 84(2):298-305.
- Hernández, A. 2011. *Ácidos húmicos y fúlvicos en la Producción hidropónica de chile manzano (Capsicum pubescens) en invernaderos*. Obtenido de colpos.mx: <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/381>
- Herrera, J. 2011. *Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo riego por goteo*. 107p.
- Imbufe, A.; Patti, A.; Borrow, D.; Surapaneni, A.; Jackson, W.; Milner, A. 2005, April. *Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia*. In: *Geoderma* 125 (3-4): 321-330.
- Kato T.A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H. y R. A. Bye B. 2009. *Origen y Diversificación del maíz*, Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Kato Y., T. A. 1984. *Chromosome morphology and the origin of maize and its races*. *Evol. Biol*, 17:219-253.
- Kato Y., T. A. 2005. *Cómo y dónde se originó el maíz*. *Investigación y Ciencia* 347: 68-72.
- Lloveras, J., and I. Iglesias. 2001. *Morphological development and forage quality changes in crimson clover (Trifolium incarnatum L.)*. *Grass Forage Sci.* 56:395-404.

- Loera de la R. A., Castillo de L.H., Sánchez R. F. y Zambrano M.G., 2006. *Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados al bajío mexicano*. México. Vol. 29 (3): 247 - 254, Pag.2.
- López-Salazar, R; González-Cervantes, G; Vázquez Alvarado, R; Olivares-Sáenz, E; Vidales-Contreras, J; Carranza de la Rosa, R; Ortega-Escobar, M. 2014. *Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja*. Rev. Méx. Cienc. Agríc. 8:1397-1407.
- Mata, C. 2015. *Tres Fuentes de nitrógeno orgánico con diferentes niveles de aportación en el rendimiento de lechuga crespa (lactuca sativas. L.var crispa)*. Escuela Superior Politécnica de Chinborazo. Escuela Superior Politécnica de Chinborazo
- Monárrez Armendáriz, K. I. 2013. *Producción de maíz (Zea mays L.) AN-447 a distintas densidades de población con dos fuentes de fertilización orgánica e inorgánica*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L., Torreón, Coahuila, México, septiembre de 1993.
- Morales, E. R. B. 2015. *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 145.
- Noriega González, L. A., Preciado Ortiz, R. E., Andrio Enríquez, E., Terrón Ibarra, A. D., & Covarrubias Prieto, J. 2011. *Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(4), 489-500.
- Noriega, B; Cortes Escamilla, E; Gómez, M; Ramírez, D; Echeverría, C. 2015. *Evaluación de ácidos húmicos en el cultivo de la rosa (Rosa sp.) en Temixco, Morelos*: 1° Foro Estatal y 3° Foro Regional de Investigación y experiencias educativas y productivas (en línea). Temoac. México: Subdirección de Enlace Operativo de la DGETA. Consultado 15 feb. 2017. Disponible en [http://www.cbta39.edu.mx/sites/default/files/foro%202015\\_EJEMPLO%201%20RESUMEN.pdf](http://www.cbta39.edu.mx/sites/default/files/foro%202015_EJEMPLO%201%20RESUMEN.pdf)

- Ortiz Vallejo, C. D. (2017). *Sistema productivo para la conservación de una variedad de maíz criollo (Zea mays), como proyecto demostrativo en el municipio de Fortul departamento de Arauca.*
- Parandian, F; Samavat, S. 2012. *Effects of Fulvic and Humic acid on Anthocyanin, soluble Sugar, Amylase Enzyme and some micronurient elements in Liliun.* Intl. Res. J. Appl. Basic. Sci. 3(5):924-929.
- Rivera, M.G., J.A. Estrada., I.C. Orona y J.G.R. Martínez. 2004. *Producción de maíz forrajero (Zea mays L.) en surco estrecho y riego por goteo subsuperficial.* Publicación Semestral de Investigación Científica. AGROFAZ. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. pp. 443.
- Sanli, A; Karadogan, T; Tonguc, M. 2013. *Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (Solanum tuberosum L.).* Turk. J. Field Crops 18(1):20-26.
- SIAP. (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.* Disponible en línea. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020) Consulta julio 24, 2019.
- Vázquez, S. P. 2020. *Comportamiento del rendimiento en cebada (Hordeum Vulgare), con leonardita activada en el sur de Coahuila.* Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Zachariakis, M., Tzorakakis, L., Kritsotakis, C., y Siminis, A. 2001. *Humic substances stimulate plant growth and nutrien acumulation in grapevine rooststocks proc.* (E. B. a, Ed.) int symp: acta hot 549. Obtenido de Ácido húmico y fúlvico en la producción hidropónica de chile manzano (*Capsicum pubescens*) en invernadero.
- Zamboni, I; Ballesteros, M; Zamudio, A. 2006. *Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes.* Rev. Colomb. Quim. 35(2):191-203.

## VIII. ANEXOS

**Cuadro 1.** Comparación de medias de altura de la planta

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
16	16.4a	8.9b	7.6bc	4.3c	0.0003	16.02
23	17.7a	17.4a	12.1a	9.1a	0.185	34.62
30	28.2a	21.2a	15.7a	12.4a	0.081	32.10
37	39.3a	25.3ab	17.1ab	14.1b	0.0306	33.21
44	55.8a	40.8b	26.4c	19.5d	<.0001	4.37
51	70.3a	48.3ab	36.5b	25.1b	0.009	23.02
58	93.0a	70.9ab	52.9bc	38.6c	0.0008	12.67
65	113.7a	90.2a	56.7b	52.0b	0.001	13.20
72	134.7a	105.8b	65.8c	60.0c	<.0001	6.71
79	158.9a	120.0b	78.5c	69.5c	<.0001	6.82
86	175.3a	135.8a	90.1b	80.0b	0.0008	12.33
93	181.5a	146.4ab	115.0bc	101.8c	0.003	11.33
100	186.5a	152.7ab	125.0b	118.7b	0.018	13.31
107	190.5a	153.6ab	122.0b	124.9b	0.004	9.69
114	194.3a	156.2ab	125.0b	124.9b	0.005	10.35
121	194.0a	156.8ab	124.5b	121.9b	0.004	10.47
128	193.7a	156.8ab	121.9b	124.5b	0.004	10.48
135	193.4a	156.8ab	121.9b	124.5b	0.004	10.48

DDS: Días después de la siembra, T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo. Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)

**Cuadro 2.** Comparación de medias de materia seca en hoja

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
16	19.26a	12.63ab	11.26b	10.10b	0.0162	18.87
23	32.24a	23.24a	21.10a	16.01a	0.0787	26.15
30	67.63a	56.63b	55.13bc	45.80c	0.0021	6.48
37	100.10a	79.10a	77.90a	60.10a	0.1207	20.83
44	189.37a	167.70a	164.30a	120.00a	0.1579	19.93
51	408.45a	277.45b	204.65bc	188.00c	0.0003	10.36
58	696.89a	496.89b	373.39c	362.00c	<.0001	6.43
65	1103.51a	845.51b	541.51c	500.00c	<.0001	6.63
72	1690.20a	1300.00ab	865.30bc	765.00c	0.0017	14.52
79	2533.50a	1875.50ab	1269.00ab	1100.00b	0.032	27.41
86	3447.50a	2719.00a	1827.30a	1627.00a	0.0492	27.66
93	3894.80a	3219.80ab	2313.8b	2427.3b	0.0084	13.33
100	4100.50a	3568.50ab	2665.60b	2650.00b	0.0222	14.43
107	4207.50a	3754.50a	3049.1a	3066.3a	0.2337	20.24
114	4167.80a	3835.80a	3234.40a	3090.00a	0.6065	32.30
121	4374.20a	3777.20b	3173.10c	3000.00c	0.0006	5.73
128	4435.60a	3635.80a	3034.40a	2975.30a	0.1207	19.47
135	3907.80a	3497.20a	2773.10a	2773.10a	0.1780	27.31

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %: Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)

**Cuadro 3.** Comparación de medias de materia seca en tallo

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T1	T2	T3	T4		
16	0.70a	0.40b	0.20c	0.11c	<.0001	10.56
23	2.73a	1.48b	0.60c	0.46c	0.0001	19.91
30	6.25a	3.85ab	2.03b	1.80b	0.0097	32.54
37	12.80a	9.00ab	7.37b	4.28b	0.0079	22.39
44	37.28a	31.97b	23.57c	19.38c	<.0001	6.53
51	210.00a	66.49b	51.91b	45.41b	<.0001	10.65
58	395.46a	291.97b	160.72c	148.23c	<.0001	7.25
65	684.88a	420.88b	232.13c	226.13c	<.0001	4.10
72	1394.92a	904.92b	424.22c	401.54c	<.0001	6.38
79	2453.70a	1811.70b	905.20c	846.10c	<.0001	10.52
86	3520.30a	2905.00b	1417.00c	1109.80c	<.0001	6.77
93	4690.90a	3850.90a	2094.40b	1870.00b	0.0004	13.28
100	5837.10a	4830.40a	3021.10b	2546.00b	0.0002	10.12
107	7216.50a	5997.90ab	4223.20ab	3507.70b	0.026	21.79
114	7838.10a	6874.10ab	5765.10ab	5002.00b	0.015	11.76
121	8763.80a	7832.60a	6816.80b	5789.00c	0.0002	4.80
128	9033.30a	8699.30a	7265.90ab	6233.30b	0.0057	8.24
135	9301.00a	8600.00ab	6899.30ab	6410.00b	0.0344	12.74

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %: Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)

**Cuadro 4.** Comparación de medias de materia seca en espiga

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
86	376.75a	351.11a	314.11a	301.14a	0.0813	9.27
93	441.80a	356.20a	255.60a	220.20a	0.3496	47.36
100	797.40a	587.50a	522.90a	498.00a	0.1044	21.86
107	474.51a	404.51ab	353.84b	341.17b	0.0288	10.70
114	561.96a	390.29b	316.63b	315.91b	0.0027	12.49
121	692.78a	564.11b	416.11c	350.00c	<.0001	4.71
128	661.35a	550.78b	434.68c	384.00c	0.0004	7.29
135	698.75a	531.08b	438.01c	389.00d	<.0001	2.81

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %; Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)

**Cuadro 5.** Comparación de medias de peso seco en grano

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
128	5211.10a	4662.50a	3616.10a	3447.51a	0.0754	17.61
135	6021.70a	5242.30ab	4747.72bc	3816.10c	0.0022	7.70

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %; Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)



**Cuadro 6.** Comparación de medias de materia seca parcial aérea

DDS	Tratamientos				P>F	CV (%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
16	19.96a	13.02ab	11.46b	10.21b	0.0124	18.44
23	34.97a	24.72ab	21.70ab	16.47b	0.0452	24.66
30	73.88a	60.48b	57.16bc	47.60c	0.0024	7.59
37	112.90a	88.10ab	85.28ab	64.38b	0.0468	17.71
44	226.65a	199.67ab	187.87ab	139.38b	0.0601	16.11
51	618.45a	343.94b	256.57c	233.41c	<.0001	8.10
58	1092.35a	788.86b	534.11c	510.23c	<.0001	4.40
65	1788.39a	1266.39b	773.64c	726.13c	<.0001	5.68
72	3085.10a	2204.90b	1289.50c	1166.50c	<.0001	7.83
79	4987.20a	3687.20a	2174.20b	1946.10b	0.0008	15.08
86	7344.50a	5975.10a	3558.40b	3037.90b	0.0006	13.22
93	9027.50a	7426.80b	4663.70c	4517.6c	<.0001	6.91
100	10735.00a	8986.50a	6209.70b	5694.00b	0.0005	9.27
107	11898.60a	10156.60a	7626.20b	6915.22b	0.0015	9.69
114	14268.00a	11433.00ab	9316.00ab	8408.00b	0.0334	17.28
121	16338.00a	13506.00ab	11406.00b	9909.00b	0.0059	10.83
128	19341.40a	17548.30a	14351.10b	13040.20b	0.0004	5.36
135	20499.00a	17871.00ab	14858.00b	13388.00b	0.0071	9.83

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %; Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)

**Cuadro 7.** Comparación de medias de relación hoja tallo

DDS	Tratamientos				P>F	CV(%)
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
16	27.40c	32.26c	57.27b	94.23a	<.0001	12.11
23	12.46b	15.45b	35.49a	34.59a	0.0034	22.4
30	11.16a	15.16a	35.06a	26.44a	0.1543	53.9
37	8.07a	9.57a	10.55a	13.77a	0.2443	29.55
44	5.21a	5.16a	7.77a	6.79a	0.3772	31.8
51	1.94a	4.21a	4.11a	4.34a	0.0489	24.69
58	1.76b	1.71b	2.33a	2.45a	0.004	8.50
65	1.61c	2.01b	2.34a	2.22ab	0.001	5.60
72	1.21b	1.44ab	2.04a	1.91ab	0.0317	16.86
79	1.04a	0.99a	1.44a	1.31a	0.5674	36.02
86	0.98a	0.95a	1.26a	1.47a	0.2561	27.76
93	0.83a	0.83a	1.21a	1.29a	0.2738	31.77
100	0.70b	0.72b	0.88ab	1.05a	0.0274	13.41
107	0.611a	0.62a	0.81a	0.88a	0.574	37.37
114	0.59a	0.60a	0.56a	0.61a	0.9911	36.59
121	0.51a	0.49a	0.47a	0.53a	0.0602	4.06
128	0.49a	0.43a	0.424a	0.48a	0.7994	24.03
135	0.48a	0.40a	0.43a	0.42a	0.9093	30.25

DDS: Días después de la siembra T<sub>1</sub>: 5 ml/L, T<sub>2</sub>: 8ml/L, T<sub>3</sub>: 12 ml/L, T<sub>4</sub>: Testigo; P>F: Probabilidad; CV: Coeficiente de variación en %: Medias con las letras iguales en la misma fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P<0.05)