

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto del Amonio y Ácidos Húmicos Sobre la Calidad Fisiológica de Semillas y Plántulas de Tomate Bola (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

**JOSÉ ÁLVARO CHÁVEZ BOLAÑOS**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Amonio y Ácidos Húmicos Sobre la Calidad Fisiológica de Semillas y  
Plántulas de Tomate Bola (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

**JOSÉ ÁLVARO CHÁVEZ BOLAÑOS**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Néymar Camposeco Montejo  
Asesor Principal



Dr. Armando Hernández Pérez  
Coasesor



Dra. Adriana Antonio Bautista  
Coasesor



Dr. Jerónimo Larderos Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2022.

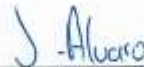
### Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

José Álvaro Chávez Bolaños

## AGRADECIMIENTO

**A dios** por cuidarme y dejarme estar hasta el día de hoy luchando por mis sueños. Gracias a dios por darme toda mi maravillosa familia, la oportunidad de coincidir con tanta gente buena en el camino, así como por el cobijo de mi alma mater y por darme la fortaleza de cumplir con esta etapa.

**A mis padres María Isela Bolaños Castañeda (+) y Javier Chávez Sánchez** por darme la confianza y hacer el sacrificio de dejar ir a el mayor de sus hijos lejos de su regazo. Gracias por siempre estar ahí y por todo lo bueno que me enseñaron, todo el apoyo y todo el amor que recibo durante esta etapa.

**Al Dr. Neymar Camposeco Montejo** por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto final, por las atenciones y sobre todo la paciencia durante este largo periodo. Gracias doctor por darme la oportunidad de cerrar esta etapa de mi vida con su acompañamiento.

**A la Dra. Susana Gómez Martínez** por ser una fuente de admiración e inspiración en el ámbito profesional, por los consejos, enseñanzas y avisos que al día de hoy se desvelan y son de gran provecho.

**A el M.C. Víctor Manuel Villanueva Coronado** por guiarme en procesos importantes y por darme la confianza como un gran profesor y persona.

**Al Ing. Gustavo Alfonso Burciaga Vera** por ser un amigo, un excelente profesor que creyó en mí y me enseñó la enseñanza del trabajo duro.

**A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, mi Terra Mater.** Gracias a mi gloriosa universidad por todos los maestros que con tanta maestría nos formaron, gracias a Don Antonio Narro por el legado de casi 100 años y por todos los que han pasado por esta memorable escuela formando con los años este orgullo de ser buitre.

**Gracias a mis compañeros, amigos y demás personas** que conocí durante esta extraordinaria etapa. Mis compañeros de trinchera, estudiando día y noche, acompañándonos en la pesadumbre haciendo hermanos para toda la vida. Gracias a todas esas personas que me quitaron el hambre, que me regalaron una sonrisa cuando más la necesitaba y a las que con una moneda o la oportunidad de ganarla me ayudaron.

## DEDICATORIA

Principalmente a mi madre **María Isela Bolaños Castañeda** quien paso a mejor vida en el transcurso de esta etapa...

*Mamá este es tu regalo, gracias por ser mi amiga y i confidente, jamás te podre dar todo lo que has hecho por mí, eres mi fuerza y mis ganas. Gracias a ti soy lo que soy porque de ti tome gran parte, gracias por esas fuerzas y ánimos desde el principio hasta el día de hoy que siempre me diste y hoy con el orgullo de un gigante te dedico este mi proyecto...*

A mi padre **Javier Chávez Sánchez** y mis hermanos **Valeria Ruby Chávez Bolaños** y **Steven Chávez Bolaños** por ser mis pilares durante toda la trayectoria, a mis abuelos y mis demás familiares por siempre estar ahí para siempre darme ánimos y armonizar mí camino.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>III. HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
i. Hipótesis nula.....	3
ii. Hipótesis alternativa .....	3
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
4.1. Producción mundial y nacional .....	4
4.2. Origen .....	4
4.3. Generalidades.....	5
4.4. Raíz.....	5
4.5. Tallo .....	5
4.6. Hoja.....	5
4.7. Semilla .....	5
4.8.1. Nitrógeno .....	7
4.8.2. Fosforo.....	7
4.8.3. Potasio.....	8
4.8.4. Calcio.....	8
4.8.5. Magnesio .....	8
4.8.6. Azufre .....	9
4.8.7. Boro .....	9

4.8.8. Manganeso .....	9
4.8.9. Hierro .....	9
4.8.10. Cobre.....	10
4.8.11. Molibdeno.....	10
4.8.12. Zinc.....	10
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
5.1. Ubicación y localización .....	12
5.2. Extracción de la semilla .....	12
5.3. Material genético.....	13
5.4. Descripción de experimento de calidad fisiológica de semillas y calidad de plántula. ....	13
5.5. Siembra.....	14
5.6. Riego.....	14
5.7. Control de enfermedades.....	14
5.8. Variables agronómicas evaluadas .....	16
5.9. Diseño experimental y análisis estadístico.....	16
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Niveles de nutrientes deseables y tóxicos para las plantas de tomate (Sanju et al, 2003).....	6
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos utilizados para la nutrición de las plantas de tomate bola con niveles de amonio y ácidos húmicos. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) de longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos. ....	17
<b>Tabla 4.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) del porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos. ....	18
<b>Tabla 5.</b> Varianza ( $p \leq 0.05$ ) y comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$ ) de longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula, de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos. ....	19
<b>Tabla 6.</b> Varianza ( $p \leq 0.05$ ) y comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$ ) del porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales, de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos.....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Niveles de madurez del jitomate respecto a la coloración que se observa en su exterior (Castro et al, 2009) .....	12
<b>Figura 2.</b> Tratamientos y sus repeticiones previas a entrar en la cámara de germinación.....	15
<b>Figura 3.</b> Tratamientos y sus repeticiones dentro en la cámara de germinación. ....	15
<b>Figura 4.</b> Respuesta de la longitud de plúmula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola. ....	22
<b>Figura 5.</b> Respuesta de la longitud de radícula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola. ....	23
<b>Figura 6.</b> Respuesta del peso fresco de plántula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola. ....	23



## RESUMEN

La finalidad fue evaluar la calidad fisiológica de semillas y plántulas de tomate bola tratada con diferentes niveles de ácidos húmicos y amonio. La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México en el laboratorio de ensayo semillas del Departamento de Fitomejoramiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (4 niveles de amonio y 3 niveles de ácidos húmicos). Cada tratamiento constaba con cuatro repeticiones de 25 semillas cada uno. El análisis estadístico se realizó en el software SAS y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ . Los resultados indican diferencias significativas en los efectos que generó el amonio en longitud de plúmula y peso seco de plántula, donde aplicando 3 y 4.5 mili equivalentes por litro se obtienen mejores resultados con incrementos de más de 12% respecto del testigo. Los ácidos húmicos en dosis de 3 y 6 ml L<sup>-1</sup> solo ejercieron efecto significativo en longitud de radícula con un incremento de 17% respecto al testigo. La adición de amonio en hasta 4.5 mili equivalentes por litro en la solución nutritiva, mejora la longitud de radícula y el peso seco de las plántulas de tomate bola. La aplicación de ácidos húmicos también mejoró la longitud de la radícula. La Interacción entre los dos factores o tratamientos de amonio y ácidos húmicos indican que al aplicar ácidos húmicos en la solución nutritiva cuando no existe aporte amoniacal, mejora la calidad de plántulas.

**Palabras claves:** germinación, *Solanum lycopersicum L.*, radícula, plúmula.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria del tomate es una de las más avanzadas, globalizadas e innovadoras industrias dentro de la horticultura (Costa *et al*, 2007). La producción del tomate puede ser para fresco o para la producción de otros productos. (Quinet *et al*, 2019). De igual manera es de alto consumo en México y el mundo gracias a su importancia económica, también es fuente de vitaminas y minerales (Lobato *et al*, 2012) así como carotenoides y compuestos fenólicos (Quinet *et al*, 2019) los cuales hoy en día, tiene un valor agregado gracias a las tendencias del cuidado de la salud.

En el mercado global de tomate fresco se está experimentando una sobreoferta debido a los elevados rendimientos de los principales países productores y a la gradual baja de la demanda en varios ramos gracias a la pandemia (SIAP, 2021). Ante la situación con la que se vive por el coronavirus, para el cultivo de tomate rojo, se cuenta con una capacidad productiva capaz de garantizar el abasto del consumo nacional en México, sin embargo, una de las preocupaciones es garantizar la distribución del volumen obtenido de producción. (SIAP, 2021). En México desde hace varios sexenios, se busca impulsar reformas estructurales que beneficien la ineficiente economía. Por ejemplo, se genera una cruzada contra el hambre cuando, incongruentemente, la mayoría de la población que produce alimentos está en situación de pobreza extrema (CEDRSSA, 2020).

En la actualidad, la mayoría de los fertilizantes nitrogenados disponibles en el mercado, son producidos por síntesis química. Así como la industria petroquímica y se desarrollan a partir del petróleo, toda la química de los fertilizantes nitrogenados, se origina a partir del amoníaco. La producción de amoníaco a nivel industrial mediante el proceso Haber – Bosch data de principios del siglo 20, hito en la elaboración de productos orgánicos por vía de síntesis química (Estupiñan y Quesada, 2010). La escasez de gas natural está reduciendo la producción mundial de fertilizantes, disparando sus precios a niveles récord. Los precios actuales de urea, fosfato diamónico (DAP) y fosfato monoamónico (MAP) en el mercado nacional, se encuentran en niveles récord.

En la agricultura, la calidad de semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva y rentable (Raya *et al*, 2012) por lo tanto es

imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, ya que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella. En tal sentido, los productores utilizan semillas, bien sea de híbridos comerciales, variedades locales, o ambas, en diferentes ambientes agroecológicos, lo cual afectaría el comportamiento del cultivo. Existe una relación estrecha entre la calidad de la semilla y el contenido de nutrientes en la misma, y tiene un efecto sobre el rendimiento de cultivo (Doria, 2010). Esto se debe a que las reservas de nutrientes de la semilla representan un factor clave que afecta en gran medida la germinación, emergencia y uniformidad de plántulas en campo y por ende el rendimiento (Cakmak, 2015).

Por lo que actualmente está sucediendo, en torno a la escasez del gas natural, así como otros recursos clave para la producción de fertilizantes, una reducción en la oferta de fertilizantes y un aumento en el precio, eventualmente impactará en la posible reducción en la calidad fisiológica de las plantas y la semilla que se producen. Por lo anterior se realizó el presente estudio con finalidad de identificar los niveles adecuados de amonio y ácido húmicos en la solución nutritiva, para la producción de semillas de buena calidad fisiológica.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la respuesta fisiológica de semillas y la calidad de plántulas de tomate bola (*Solanum lycopersicum* L.), cosechadas de plantas tratadas con ácidos húmicos y amonio en la solución nutritiva.

### **Objetivos específicos**

Valorar la calidad fisiológica de las semillas y la calidad de plántulas de tomate bola tratadas con ácidos húmicos y amonio en la solución nutritiva.

## **III. HIPÓTESIS**

### **i. Hipótesis nula**

Todas las combinaciones de ácidos húmicos y amonio inducen el mismo comportamiento en la calidad fisiológica de semillas y calidad de plántulas de tomate bola.

### **ii. Hipótesis alternativa**

Al menos una de las combinaciones de ácidos húmicos y amonio induce un mejor comportamiento de la calidad fisiológica de las semillas y calidad de plántulas de tomate bola.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Producción mundial y nacional

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas y es la segunda fruta o verdura más importante después de la papa, con una producción en toneladas de alrededor de 182.3 millones, con una superficie sembrada a nivel mundial de 4.85 millones hectáreas (Quinet *et al*, 2019). La producción mundial del tomate ha crecido constantemente desde el año 2000, creciendo más de 54% del 2000 hasta el 2014 (Guan *et al*, 2013). Siendo China el productor y consumidor más importante, mientras que Estados Unidos es el principal importador y México el principal exportador de esta hortaliza. El crecimiento de la producción mundial ha sido impulsado principalmente por el aumento de productividad promedio por unidad de superficie (FIRA, 2019). La producción nacional llegó a 3.45 millones de toneladas en México en el ciclo 2018 – 2019 (Saldaña *et al*, 2019) y se espera que la industria del tomate crezca cada vez más gracias a la transición de producción a cielo abierto hacia la producción en agricultura protegida siendo los principales productores a nivel nacional: Sinaloa con un porcentaje de 59.7% con unas 12,616 ha de la producción total, Sonora con 6.4%, Michoacán con el 6.0%, Baja California Sur con 5.8% con 1,394 ha, Jalisco con 2,384 ha sembradas y Zacatecas con 3,077 ha (SIAP, 2021).

### 4.2. Origen

El tomate tiene sus orígenes en los Andes de Sudamérica y fue llevado a Europa por los conquistadores españoles en el siglo dieciséis y después introducido de Europa, al sureste de Asia, África y Medio Oriente. Más recientemente tomates salvajes se han distribuido en otras partes de Sudamérica y México. Se le es conocido por varios nombres ordinarios en diversos léxicos: *tomate*, *tomat*, *tomatl*, *jitomate*, *pomodoro* (Naika *et al*, 2005).

### **4.3. Generalidades**

El tomate es una planta herbácea con ciclo de vida perennes de reproducción autógena y con porte vertical con una altura de hasta 1.50 metros, pero puede tener crecimiento determinado o indeterminado, cuenta con tricomas (Naika *et al*, 2005).

### **4.4. Raíz**

El sistema radicular consta de una raíz que es corta y débil, pero con numerosas y vigorosas raíces secundarias, así como las raíces adventicias. La profundidad puede alcanzar hasta 1.5 metros, pero la mayor parte se encuentra en los primeros 50 cm de profundidad (CNPT, 2012).

### **4.5. Tallo**

El tallo es grueso con la mayor densidad de pubescencia, anguloso y de un color verde, contando con un grosor de 2 a 4 cm de ancho, pero en la parte superior se disminuye. En el tallo principal se forman tallos secundarios o brotes, nuevas hojas y racimos florales donde se produce el meristemo apical, de donde surgen rudimentos florales y foliares (Marín, 2017).

### **4.6. Hoja**

Hojas compuestas de 5 a 9 foliolos por hoja con borde dentado o lobulado con una longitud de 5 a 7 cm y flores con pedicelos de 9 a 12 milímetros. El fruto es una baya roja, rosada o amarillenta, oblonga, globosa y periforme con más de 2 cm de diámetro, lampiña y plurilocular pero las formas del fruto pueden variar según la variedad.

### **4.7. Semilla**

La semilla es plana y de forma ovalada con dimensiones aproximadas de 3x2x1 milímetros. Si se almacena por periodos prolongados se recomienda hacerlo a una humedad de 5.5 %. Una semilla de calidad deberá tener al menos el 95 % de germinación (Larín *et al*, 2018).

#### 4.8. Requerimientos nutricionales

Una fertilización eficiente es aquella que proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en el momento en que el cultivo tiene la mayor demanda. A través de la fertilización se aplica el elemento faltante y se mantiene un equilibrio adecuado entre los elementos del suelo y la planta (Jaramillo *et al*, 2007)

La cantidad y el tipo de nutrición suministrada a la planta no solo afectan su rendimiento dentro de la producción, sino que, de igual manera afecta el contenido nutrimental, sabor y la calidad de vida anaquel. El método y el tiempo de la aplicación de nutrientes pueden influir el crecimiento y la producción de tomate, así como la efectividad. En la siguiente tabla (Tabla 1) podemos observar la demanda de ciertos nutrientes según las en el suelo y en la planta (Sainju *et al*, 2003).

**Tabla 1.i** Niveles de nutrientes deseables y tóxicos para las plantas de tomate (Sainju *et al*, 2003).

Nutriente	Suelo (mg kg <sup>-1</sup> )		Planta (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Deseable	Toxico	Deseable	Toxico
P	60 – 70	-	4000	-
K	600 – 7000	-	60000	-
Mg	350 – 700	-	5000	-
Ca	1000	-	12500	-
N	50 – 100	-	30000 – 50000	-
B	1.5 – 2.5	3	40 – 60	100
Mn	5 – 20	80	30	1000
pH	6.5 – 7.5	-	-	-
CE	80 - 100	-	-	-

#### **4.8.1. Nitrógeno**

Es el nutriente más limitante para el crecimiento del tomate ya que es el elemento principal en la formación de órganos vegetativos (Larín *et al*, 2018) constituye parte de las proteínas y aminoácidos. (Sainju *et al*, 2003) es requerido en grandes dosis para una óptima producción ya que es removido en grandes cantidades del suelo (Jaramillo *et al*, 2007). La deficiencia del mismo puede provocar clorosis en hojas viejas, hojas jóvenes se quedan pequeñas con un verde pálido y menor calidad de fruto, así como un afinamiento de tallos y hojas en general. (Villasanti *et al*, 2013). Mientras que un exceso causa un sobre crecimiento en el follaje retardando la producción y dañando al sistema radicular (Sainju *et al*, 2003) así como afectación en la disponibilidad de potasio y fósforo (Marín, 2017). La urea, amonio y nitrato son las 3 formas principales de nitrógeno en fertilizantes nitrogenados. El amonio es de fácil fijación por el suelo, por consiguiente, casi inmóvil en el mismo suelo lo cual restringe su disponibilidad en el suelo. Mediante la nitrificación el amonio se convierte en nitrato sin embargo antes de este se puede perder si el suelo tiene un pH alto. De igual manera el amonio es un catión que compite con otros como el del calcio, potasio y magnesio por lo tanto un exceso puede causar problemas (Holwerda, 2006).

#### **4.8.2. Fósforo**

Ayuda principalmente a iniciar y acelerar el crecimiento de la raíz por lo tanto es de suma importancia después de un trasplante o siembra. Asimismo, ayuda a dar el color a la pulpa y al exterior, el sabor, firmeza y contenido de vitamina C en el tomate (Sainju *et al*, 2003) es vital para la formación de semillas. La deficiencia de fósforo afecta la absorción de nitrógeno, provocando las consecuencias de la falta del mismo elemento, así como coloración rojiza o púrpura en las hojas jóvenes y en el envés o parte dorsal de las hojas. Se manifiesta sobre todo en las flores que se secan prematuramente, además de que tardan en formarse y abrir. (Villasanti *et al*, 2013) Mientras que un exceso puede bloquear elementos como Fe, Zn o Cu (Marín, 2017).



#### **4.8.3. Potasio**

Esencial para la regulación de la turgencia dentro de la planta, de igual manera aporta a una mayor calidad de fruto en cuanto a color, sustancia sólida, brillantez, vida anaquel, contenido de vitamina C y licopeno. (Marín, 2017) Su carencia se manifiesta inicialmente en las hojas más viejas, presentando una decoloración con posterior necrosis de los bordes de las hojas. De igual manera afecta a la coloración del fruto, apareciendo zonas verdes que amarillean en lugar de ir enrojeciendo y una menor concentración de licopeno (Villasanti *et al*, 2013). Sin embargo, es antagonista del calcio con respecto a movilidad en la fruta, por lo cual se debe aplicar correctamente ya que puede producir una deficiencia de este elemento (Torres, 2017).

#### **4.8.4. Calcio**

Necesario para el crecimiento de los meristemos apicales La deficiencia de este elemento es muy particular ya que causa podredumbre apical del fruto, donde los frutos verdes muestran el tejido de la base hundida y dura y el color cambia de verde a negro (Villasanti *et al*, 2013). De igual manera la deficiencia puede tornar hojas jóvenes a un verde pálido o amarillo hasta llegar a un color café (Sainju *et al*, 2003) mientras que el exceso produce manchas doradas por acumulación de oxalato en el tomate y afecta la disponibilidad de del fosforo (Marín, 2017).

#### **4.8.5. Magnesio**

Componente importante de la clorofila (Larín *et al*, 2018). La deficiencia se presenta mediante una clorosis intervenal en la base de las hojas viejas, hasta que áreas necróticas se forman entre las venas antes de caer (Sainju *et al*, 2003). Mientas que un exceso dificulta la asimilación del potasio (Marín, 2017).

#### **4.8.6. Azufre**

Estimula el crecimiento vigoroso y la producción de semilla y ayuda al desarrollo de proteínas, así como la asimilación del nitrógeno. Los síntomas visuales de deficiencia son clorosis en hojas y una coloración intervenal morada, tallos delgados y una baja calidad de frutos. Las hojas más jóvenes y próximas a las yemas son las más afectadas (Villasanti *et al*, 2013). Mientras que en exceso se presentan manchas amarillas que se necrosan y un crecimiento retardado de la planta (Marín, 2017).

#### **4.8.7. Boro**

Esencial para la buena polinización, interviene en la germinación del polen, favorece el cuajado frutos y floración uniforme, así como el desarrollo de la semilla (Larín *et al*, 2018). Deficiencia ocurre en hojas jóvenes con clorosis y deformación, se hacen quebradizas, así como puntos cloróticos en venas y reducción en crecimiento de raíces. (Sainju *et al*, 2003). El exceso produce fuertes quemaduras en el extremo de hojas adultas hacia nuevas (Villasanti *et al*, 2013).

#### **4.8.8. Manganeso**

Elemento importante en formación de clorofila (Marín, 2017) Deficiencia aparece en hojas jóvenes con ligero moteado intervenal y verde pálido, si esta es severa, la deficiencia puede amarillear toda la hoja y confundirse con una clorosis férrica. (Villasanti *et al*, 2013). Mientras que el exceso se presenta como puntos necróticos entre las venas de las hojas (Sainju *et al*, 2003).

#### **4.8.9. Hierro**

Constituyente en varias enzimas en metabolismo de tomate (Marín, 2017). Las deficiencias de este elemento se presentan en hojas jóvenes y presentan una clorosis amarilla general que se extiende a todas ellas; finalmente se presenta una coloración totalmente blanquecina (Larín *et al*, 2018).

#### **4.8.10. Cobre**

Deficiencia se presenta como enrollamiento hacia envés de hojas jóvenes, los pecíolos se doblan hacia abajo y se pierde la turgencia. Algunas hojas desarrollan manchas necróticas en venas así mismo un exceso causa deficiencia de hierro (Marín, 2017)

#### **4.8.11. Molibdeno**

Componente de enzimas nitrato-reductasa (Holwerda, 2006). Es necesario para el metabolismo del nitrógeno y la deficiencia aparece como una clorosis con un color verde pálido en las hojas más adultas (Sainju *et al*, 2003).

#### **4.8.12. Zinc**

Importante para desarrollo y función de enzimas y hormonas de crecimiento que influyen en elongación de entrenudos (Yara, 2020). Los síntomas de carencia aparecen como entrenudos cortos, deformación de hojas y puntos necróticos (Marín, 2017) El exceso se muestra como una clorosis intervenal asemejada al magnesio (Villasanti *et al*, 2013).

### **4.9. Nutrición orgánica**

Es la adición de nutrientes al suelo a partir de materia orgánica descompuesta. El manejo y aplicación de la materia orgánica tiende a disminuir la utilización de abonos químicos, reduciendo los costos de producción a la vez que mejora el suelo en todas sus características en general. (Larín *et al*, 2018).

La materia orgánica se refiere a la totalidad de los compuestos de origen orgánico y está conformada de moléculas pequeñas, grasas y ceras, polisacáridos, sustancias húmicas, enzimas y la biomasa en microorganismos. Mientras que las sustancias húmicas dentro de la materia orgánica se clasifican en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas residuales (Vázquez, 2013).

#### 4.10. Ácidos húmicos

El mecanismo de acción de los ácidos húmicos en las plantas no es conocido en su totalidad, sin embargo, se conocen los efectos biológicos de las sustancias húmicas dentro de la planta (Hernández, 2011).

- Aumenta la permeabilidad de las membranas celulares.
- Incrementa el contenido de vitaminas en las plantas.
- Estimula el crecimiento de las raíces.
- Incrementa la respiración en las raíces.
- Interviene en el proceso de fotosíntesis.
- Activador enzimático.

Además de actuar como fijador del amoníaco, disminuye el proceso de desnitrificación, con lo que aumenta la capacidad de fijación y utilización del nitrógeno, así como desbloquear los compuestos insolubles de fósforo poniéndolo a disposición de la planta.

El estudio de los efectos benéficos de las sustancias húmicas en el desarrollo de vegetales en diferentes etapas, se ha centrado principalmente en la germinación de semillas y producción de plántulas ya que se ha encontrado que mejora la geminación y aumenta el porcentaje de germinación en jitomate (Vázquez, 2013)

Una alternativa para eficientar los nutrimentos a los cultivos, consiste en la combinación con compuestos inorgánicos, la aplicación como una enmienda orgánica del suelo en combinación con otros materiales, resulta en un aumento significativo en el crecimiento de la planta y rendimiento de los cultivos (Salazar, 2014). La descomposición sucesiva de la materia orgánica modificada resulta en la formación de una materia orgánica más compleja llamada humus. El humus está formado por sustancias húmicas complejas como el ácido húmico y huminas, ácidos fúlvicos. La concentración total del elemento químico y el pH de la sustancia húmica, son los dos factores más determinantes en la interacción compuesto húmico elemento químico. (UCM, 2017)

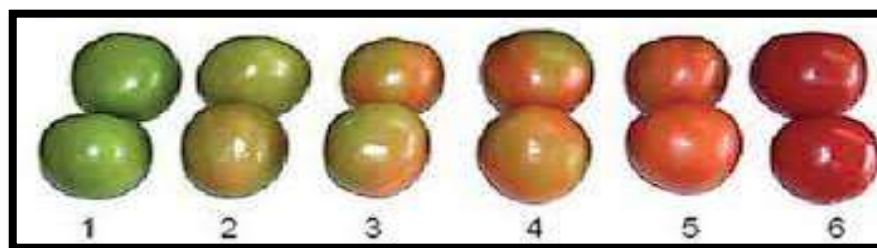
## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación y localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, dentro del laboratorio de ensayo de semillas perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento, que se encuentra localizado en las coordenadas geográficas 25° 21' 15'' latitud Norte y 101° 02' 03'' longitud W y una altitud de 1774 msnm, con una temperatura promedio de 16.4 °C, hay alrededor de precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado.

### 5.2. Extracción de la semilla

Se monitoreó los tomates de cada tratamiento y se procedió a cortarlos una vez que se tenía un grado 4-5 de madurez (Figura 1). Se dejó reposar el fruto en la sombra por tres días, posteriormente la pulpa se exprimió en frascos y se fermentaron por 24 horas, después se lavaron con agua corriente por un par de minutos y finalmente se dejaron secar a temperatura ambiente, al finalizar se trataron con TIRAM.



**Figura 1.** Niveles de madurez del jitomate respecto a la coloración que se observa en su exterior (Castro et al, 2009)

### 5.3. Material genético

El material genético que se destinó para este trabajo de investigación (*Solanum lycopersicum* L.) fue el Híbrido Evimira F<sub>1</sub>, proveniente de una investigación donde se les aplicó diferentes niveles de nutrición mineral con ácidos húmicos y amonio (Tabla 2) durante todo el ciclo que duró el cultivo.

**Tabla 2.ii** Tratamientos utilizados para la nutrición de las plantas de tomate bola con niveles de amonio y ácidos húmicos.

Tratamiento	Niveles de amonio	Niveles de ácidos húmicos
1	0	0
2	0	3
3	0	6
4	1.5	0
5	1.5	3
6	1.5	6
7	3	0
8	3	3
9	3	6
10	4.5	0
11	4.5	3
12	4.5	6

### 5.4. Descripción de experimento de calidad fisiológica de semillas y calidad de plántula.

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de ensayo de semillas del Departamento de Fitomejoramiento, con un diseño experimental factorial (4 niveles de amonio y 3 niveles de ácidos húmicos), con doce tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Por cada repetición se sembraron 25 semillas para un total de 100 semillas por tratamiento, haciendo un total de 1,200 semillas divididas en 48 cajas de plástico.

## **5.5. Siembra**

La siembra de las semillas de los tratamientos se realizó el dos de febrero del 2020, se prepararon 48 cajas de plástico tipo bisagra con papel filtro de 12 cm por 25 cm (en acordeón) con cinco surcos para cinco semillas por surco o 25 semillas por caja, 1, 200 semillas en total. Con un tratamiento de captan (funguicida) en el mismo papel de siembra. Se colocaron en una cámara de germinación a 25 °C y 70 % de humedad relativa, en el laboratorio de ensayo de semillas en el Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, para su germinación óptima, crecimiento y evaluación.

## **5.6. Riego**

El riego se hizo diario desde la siembra hasta la última evaluación, fue agua destilada en un atomizador y solo era humedecer el papel donde de cada caja de siembra.

## **5.7. Control de enfermedades**

El control de enfermedades en general se hizo de manera preventiva, se realizó una aplicación de Captan® a una dosis de 1 g por l de agua (Figura 2 y 3), se aplicó con atomizador. De igual manera la semilla fue tratada con TIRAM al momento de la extracción de la semilla.



**Figura 2.** Tratamientos y sus repeticiones previas a entrar en la cámara de germinación.



**Figura 3.** Tratamientos y sus repeticiones dentro en la cámara de germinación.



## 5.8. Variables agronómicas evaluadas

Se midieron las longitudes de la plúmula de la radícula, semillas germinadas y no germinadas, anormales y normales.

## 5.9. Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se evaluó bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4\*3 (4 niveles de amonio y 3 niveles de ácidos húmicos) buscando diferencias significativas entre tratamientos, los datos se analizaron con el software SAS (sistema de análisis estadísticos) con el análisis de varianza  $p \leq 0.05$  y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , esto se llevó a cabo bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta correspondiente al factor  $i$  de A y del factor  $j$  de B y en la  $k$  repetición.

$M$  = efecto de la media general.

$A_i$  = efecto del factor  $i$

$B_j$  = efecto del factor  $j$

$E_{ijk}$  = error experimental.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza, detectó diferencias significativas en los niveles de amonio en las variables de longitud de radícula y peso seco de plántula, la aplicación de ácidos húmicos afectó la longitud de radícula únicamente. Para longitud de plúmula y longitud de radícula, se encontró diferencia altamente significativa en la interacción de amonio y ácidos húmicos (Tabla 3). El resto de las variables no mostraron significancia.

**Tabla 3.iii** Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) de longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos.

Fuente de variación	GL	Longitud de plúmula	Longitud de radícula	Peso fresco de plántula	Peso seco de plántula
Tratamiento	11	0.332	1.076	0.000071	0.0000013
Amonio	3	0.1265 ns	0.690 *	0.00000274 ns	0.00000381 **
Ac. Húmico	2	0.1089 ns	1.106 *	0.0000817 ns	0.00000006 ns
Amo*Ac H	6	0.5091 **	1.258 **	0.0001033 *	0.00000045 ns
Error	36	0.119	0.215	0.000032	0.00000036
Total	47				
ANOVA $p \leq$		0.0101	0.0001	0.0344	0.0018
CV (%)		16.16	16.35	16.42	17.8

\*\* , \* y ns= altamente significativo, significativo y no significativo respectivamente, C.V.= coeficiente de variación, GL= grados de libertad, Ac. H= ácidos Húmicos.

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación, semillas sin germinar, así como plántulas normales y anormales, no mostró ninguna diferencia estadística significativa entre los niveles de amonio, ácidos húmicos ni en la interacción de estos dos factores (Tabla 4).

**Tabla 4.iv** Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) del porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Germinación</b>	<b>Semillas sin germinar</b>	<b>Plántulas normales</b>	<b>Plántulas anormales</b>
Tratamiento	11	208.81	217.54	310.9	0.01
Amonio	3	161.22 ns	153.22 ns	249.33 ns	0.0137 ns
Ac. Húmico	2	301.00 ns	325.00 ns	651.00 ns	0.0069 ns
Amo*Ac H	6	201.88 ns	213.88 ns	228.33 ns	0.0046 ns
Error	36	150.55	150.55	307.3	0.022
Total	47				
<i>ANOVA</i> $p \leq$		0.221	0.1959	0.456	0.9202
CV (%)		18.8	35.3	31.58	117.35

ns= altamente significativo, significativo y no significativo respectivamente, C.V.= coeficientes de variación, GL= grados de libertad, Ac. H= ácidos Húmicos.

Los niveles de amonio, afectaron la longitud de radícula, en el cual se observa que el aplicar cualquiera de las cantidades en mili equivalentes en la solución nutritiva, estos inducen una mejora de esta característica comparado con el testigo (Tabla 5), mientras que en el peso seco de plántula se observa una mayor acumulación de este carácter cuando se aplican 3 y 4.5 mili equivalentes de amonio por litro en la solución nutritiva. El resto de las variables mostro un comportamiento similar. Los niveles de ácidos húmicos afectan la longitud de radícula, en lo cual se observa que el aplicar ácidos húmicos ya sea 3 o 6 ml por litro, mejora este carácter de la calidad de las plántulas (Tabla 5). El resto de las variables tuvo un comportamiento similar.

**Tabla 5. v** Varianza ( $p \leq 0.05$ ) y comparación de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula, de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos.

Amonio (mEq L <sup>-1</sup> )	Longitud de plúmula (cm)	Longitud de radícula (cm)	Peso fresco de plántula (mg)	Peso seco de plántula (mg)
0	2.21 a*	2.39 b	0.0348 a	0.00275 c
1.5	2.10 a	2.51 ab	0.0339 a	0.00308 bc
3	2.13 a	2.68 ab	0.0345 a	0.004000 a
4.5	2.17 a	2.97 a	0.0350 a	0.00366 ab
ANOVA $p \leq$	0.8644	0.0134	0.9677	0.0001
DMS	0.38	0.47	0.0062	0.0007

Ácidos Húmicos (ml L <sup>-1</sup> )	Longitud de plúmula (cm)	Longitud de radícula (cm)	Peso fresco de plántula (mg)	Peso seco de plántula (mg)
0	2.11 a	2.22 b	0.0321 a	0.00337 a
3	2.27 a	2.88 a	0.0366 a	0.00343 a
6	2.08 a	2.82 a	0.0348 a	0.00331 a
<i>ANOVA p</i> ≤	0.2856	0.0001	0.0932	0.8418
DMS	0.30	0.37	0.0049	0.0005
<i>Interacción</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0013</i>	<i>0.0126</i>	<i>0.3046</i>

DMS= Diferencia mínima significativa. \*= Letras diferente en las columnas indican diferencia estadística (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

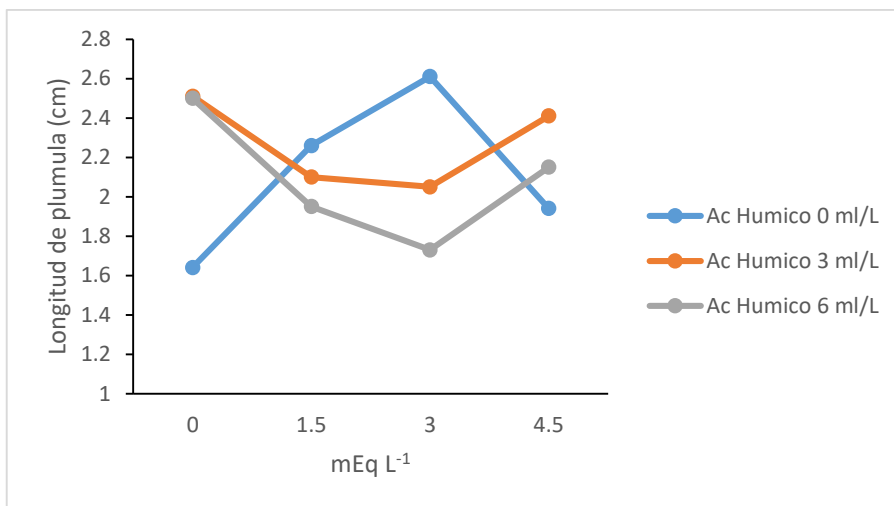
De acuerdo con la prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ), Tanto los niveles de amonio, como los niveles de ácidos húmicos no modifican significativamente el porcentaje de germinación de las semillas, las semillas sin germinar, plántulas normales y anormales. (Tabla 6), no obstante, el porcentaje de germinación, con la aplicación de 1.5 mili equivalentes de amonio y la aplicación de ácidos húmicos superaron al control en 9%. En consecuencia, las semillas sin germinar también se observó una relación inversa a el porcentaje de germinación, aunque, todos dentro del mismo grupo estadístico. En el porcentaje de plántulas normales también se observó un comportamiento estadístico similar, no obstante, los niveles de amonio y ácidos húmicos que destacaron en el porcentaje de germinación, también destacaron en plántulas normales. En plántulas anormales también se observó similaridad estadística en los tratamientos.

**Tabla 6.** viVarianza ( $p \leq 0.05$ ) y comparación de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) del porcentaje de germinación, semillas sin germinar, plántulas normales y plántulas anormales, de semillas cosechadas de plantas tratadas con diferentes niveles de amonio y ácidos húmicos.

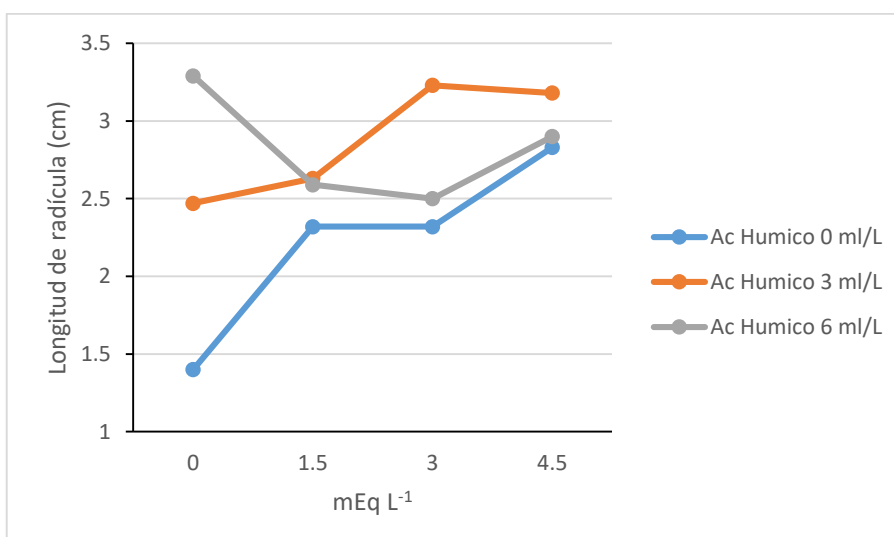
<b>Amonio (mEq L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Germinación (%)</b>	<b>Semillas sin germinar (%)</b>	<b>Plántulas normales (%)</b>	<b>Plántulas anormales (%)</b>
0	63.66 a*	36.00 a	51.33 a	0.1300 a
1.5	69.33 a	30.66 a	62.00 a	0.0733 a
3	61.00 a	39.00 a	54.33 a	0.0666 a
4.5	67.00 a	33.33 a	54.33 a	0.1266 a
ANOVA	0.3736	0.3962	0.496	0.1505
DMS	13.49	13.49	19.27	0.0939
<b>Ácidos Húmicos (ml L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Germinación (%)</b>	<b>Semillas sin germinar (%)</b>	<b>Plántulas normales (%)</b>	<b>Plántulas anormales (%)</b>
0	60.50 a	39.75 a	48.25 a	0.1225 a
3	69.00 a	31.00 a	60.25 a	0.0925 a
6	66.25 a	33.50 a	58.00 a	0.0825 a
ANOVA	0.1502	0.1302	0.135	0.3963
DMS	10.6	10.64	15.15	0.0738
<i>Interacción</i>	<i>0.2648</i>	<i>0.2337</i>	<i>0.6187</i>	<i>0.7028</i>

DMS= Diferencia mínima significativa. \*= Letras iguales en las columnas indican que no existió diferencia estadística (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

La Interacción entre los dos factores o tratamientos de amonio y ácidos húmicos se muestran a continuación y se observa que al aplicar ácidos húmicos en la solución nutritiva cuando no existe aporte de nitrógeno en forma amoniacal, incrementa la longitud de plúmula significativamente (Figura 4), un efecto similar se observó en la longitud de la radícula (Figura 5). Además, solo el aporte de amonio en hasta 3 mili equivalentes en la solución nutritiva mejora sustancialmente la longitud de plúmula, una tendencia parecida se observó en la radícula. Y de manera general la combinación de ácidos húmicos y amonio no mejora la calidad de la plúmula y la radícula de las plántulas, aunque los posibles efectos nocivos de concentraciones superiores a 4.5 miliequivalentes en la solución nutritiva, se contrarrestan con la aplicación de ácidos húmicos.

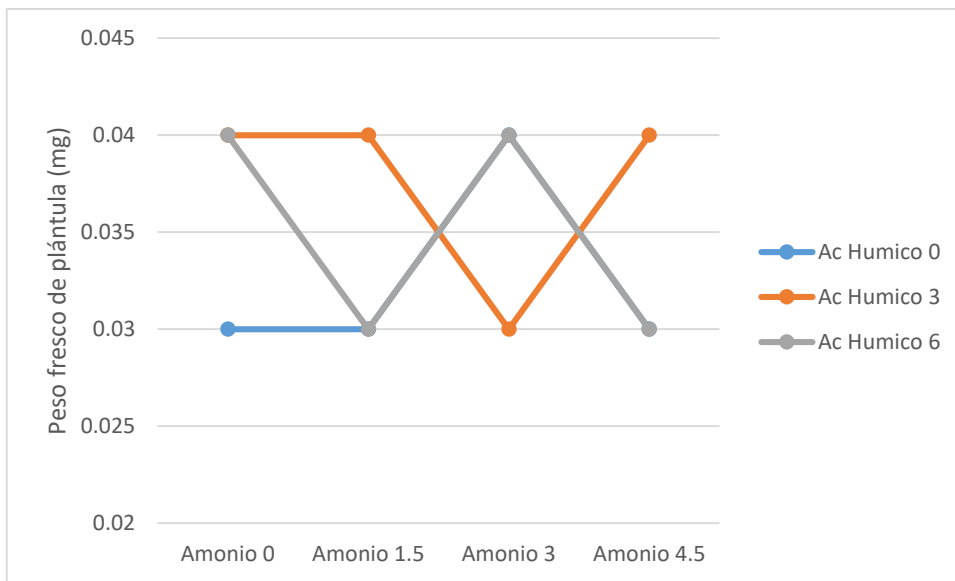


**Figura 4.** Respuesta de la longitud de plúmula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola.



**Figura 5.** Respuesta de la longitud de radícula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola.

Las aplicaciones de ácidos húmicos mejoran la acumulación de materia fresca de las plántulas de tomate bola, no obstante, las aplicaciones de amonio con 3 miliequivalente en combinación con 6 ml de ácidos húmicos también mejoran la acumulación de materia fresca, un comportamiento similar se observó al aplicar 1.5 y 4.5 miliequivalentes de amonio en combinación con 3 ml de ácidos húmicos (Figura 6).



**Figura 6.** Respuesta del peso fresco de plántula con la Interacción de los niveles de amonio y ácidos húmicos aplicados en la nutrición de tomate bola.



## **VII. CONCLUSIONES**

La aplicación de amonio en hasta tres miliequivalentes por litro en la solución nutritiva para la nutrición de tomate bola, mejora la longitud de radícula y el peso seco de las plántulas. La aplicación de ácidos húmicos también mejoró la longitud de la radícula. No obstante, la aplicación de ácidos húmicos y el amonio no mejoran significativamente el porcentaje de germinación y plántulas normales.

La interacción entre el amonio y ácidos húmicos indican que al aplicar ácidos húmicos en la solución nutritiva y no suministrar nitrógeno en forma de amonio, mejora la calidad de plántulas.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Castro, R. K., Restrepo M. L., Tobardo G., Quintero G. A. 2009, Intensidad de los sabores básicos del tomate *Lycopersicon esculentum* en seis estados de madurez. Universidad de Caldas. Cauca, Colombia 5 p.
- Cakmak, I. 2015. Nutrición y Nutrientes en la Semillas. Curso Internacional de Nutrición de Cultivos. Intagri.
- Consejo Nacional de Productores de Tomate, A.C. 2012. Sistema de producto nacional tomate rojo (Jitomate) Plan Rector. Morelos, Mexico. 110 p.
- Costa, M., Heuvelink E. 2007. Today's Worldwide Tomato. International Suppliers Guide, Department of Botany and Biological Engineering, Instituto Superior de Agronomia, Lisbon, Portugal. 16 p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales. 31(1):74-85.
- Estupiñan, S. R., Quesada B. 2010. El proceso haber-Bosch en la sociedad agroindustrial: peligros y alternativas. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales CLASCO.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura FIRA. 2019. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Panorama Agroalimentario: Tomate Rojo. Panorama Agroalimentario: Tomate Rojo. México. 24 p.
- Guan, Z., Biswas T., Wu F. 2013. The USA tomato industry: An overview of production and trade. tomato institute proceedings. United States: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences IFAS. Florida, United States of America. 4 p.
- Holwerda, H. T. 2006. Cropkit guía de manejo nutricional vegetal de especialidad tomate. SQM Comercial México. 83 p.
- Hernández, H. A. 2011. Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de chile manzano (*Capsicum pubescens R y P*) en invernadero. Colegio

- de Postgraduados, Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. Estado de México, México. 74 p.
- Jaramillo, G., Rodríguez V., Guzmán M., Zapata M., Rengifo T. 2007. Manual técnico, buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, Mejoramiento Alimentario y Nutrición de Antioquia MANA. Antioquia, Colombia. 314 p.
- Lobato, O R., Rodríguez G. E., Carrillo R. J., Chávez S. J. L, Sánchez P. P., Aguilar M. A. 2012. Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances en la Red de Jitomate. Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimenta y la Agricultura SINAREFI, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural. Pesca y Alimentación y Colegio de Postgraduados. México. 54 p. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. 1992. Asociación Internacional De La Industria De Los Fertilizantes, Los Fertilizantes Y Su Uso. Paris, Francia. 632 p.
- Larín, M., Alfonso D. L., Flor S. R. 2018. Cultivo de tomate (*Lycopersicum Esculentum*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" CENTA. El Salvador. 49 p.
- Marín, L. M. 2016. Manual Técnico Del Cultivo De Tomate *Solanum Lycopersicum*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. 125 p.
- Naika, S., Van L. J., Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. 2005. Cultivation of tomato production, processing and marketing. En Agrodok Vol. 17. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen. 93 p.
- Quinet, M., Angosto T., Yuste L. F., Blanchard G. R., Bigot S., Martínez J. P., Stanley L. 2019. Tomato Fruit Development and Metabolism. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 10. Italy. 23 p.
- Raya, P. J. C., Aguirre M. L., Medina O. G., Ramírez P. J. G., Andrio E., Castellanos S. A., Covarrubias P. J. 2012. Calidad física y fisiológica de semillas en función de la densidad de población de dos híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(4): 633-641.
- Sainju, U., Dris R., Singh B. 2003. Mineral nutrition of tomato. Agricultural Research Station, Fort Valley State University. Georgia, USA. 9 p.
- Salazar, R., González C. G., Vázquez A. R., Vidales C. E., Carranza de la R. R., Ortega E. M. 2014. Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Publicación Especial* Vol. 8. 1397-1407. México.

- Saldaña, I., Cantera S. 2019. México, el principal exportador de jitomate en el mundo. El Universal. México
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2021. Escenario mensual de productos agroalimentarios. México.
- Torres A. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Boletín INIA Vol. 11. p 93. Santiago, Chile.
- Vázquez, P. E., 2013. Uso En La Agricultura De Sustancias Húmicas, CIQA
- Villasanti, C., Pantoja A. 2013. Deficiencia nutricional en el cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Ministerio De Agricultura Y Ganadería. Gobernación Departamento Central. Paraguay.
- Yara. 2020. Resumen nutricional del tomate. 2020. México