

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de Efectividad Biológica del Producto Star Root G2 en el Cultivo de  
Tomate (*Solanum lycopersicon*)

Por:

**VERÓNICA GUADALUPE MORALES GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de Efectividad Biológica del Producto Star Root G2 en el Cultivo de  
Tomate (*Solanum lycopersicon*)

Por:

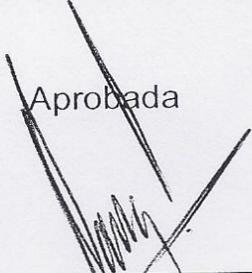
**VERÓNICA GUADALUPE MORALES GARCÍA**

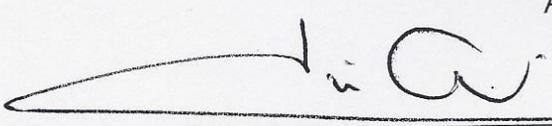
TESIS

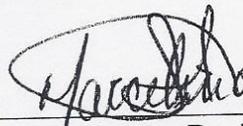
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Asesor Principal

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México  
Noviembre de 2014

La agricultura se ve fácil cuando el arado es un lápiz y se está a mil millas del campo de maíz.

**Dwight Eisenhower**

## DEDICATORIAS

A **Jehová Dios** por darme la oportunidad de vivir y haber podido concluir este trabajo con satisfacción.

A mis padres **Verónica Noemí García Arias** y **Arnulfo Morales Sánchez**. He podido llegar a esta etapa gracias a ustedes, por su paciencia, comprensión, y confianza porque todo este tiempo han creído en mí, a pesar de las dificultades y carencias que hemos tenido tanto físicas, emocionales o económicas, sé que han realizado su máximo esfuerzo para darme lo mejor; reconozco su infinito esfuerzo por educarme y formarme, por los valores que me han inculcado. Mama, Papá ¡por fin me he titulado!

A mi asesor principal de tesis **Dr. Alberto Sandoval Rangel** por tenerme la paciencia y el tiempo necesario para que pudiera concluiría este trabajo, no lo habría hecho sin su ayuda y su guía, por compartir sus conocimientos que me han formado la profesionista que soy.

A mi abuela **Noemí Arias Guerrero** que aunque ya no está con nosotros, ella me vio cuando comencé este proyecto en mi vida y hoy lo finalizo gracias abuelita por sus regaños y cultivar en mi la paciencia, porque siempre vio en mí lo bueno que tengo y nunca dudo de mi capacidad como mujer. A mi abuelo **Arnulfo Morales Álvarez** por ver en usted a una persona fuerte y que a pesar de los golpes que nos den la vida, tenemos las ganas para volver a levantarnos y seguir alcanzando nuestros sueños gracias por ese maravilloso ejemplo.

A mis hermanos **Arnulfo Morales García** por el apoyo emocional y las palabras de ánimo que me das cuando atravieso momentos difíciles en mi vida y sobre todo por estar al pendiente en la conclusión de este trabajo, por velar, cuidar y protegerme en todo sentido a **Mauricio Morales García** que me ayudaste en la recopilación de datos, por ser mi chicle, mi compañero, mi cómplice en tantas locuras y sueños que he cumplido, por esas noches de desvelos y madrugadas al escuchar cada inquietud que tenía y sigo teniendo (aunque te quedes dormido), por la paciencia y la comprensión que me tienes y sobre todo por el cariño que sientes por mí, y como muestra de que el que quiere puede te dedico este proyecto y te agradezco todo lo que haces, a **Brando Morales Escañero** por ser mi guía y ayudarme a visualizar situaciones que son de vital importancia en mí, por tu apoyo espiritual, moral y emocional junto con tu esposa Miriam y tus hijos Yojadh y Keila.

A mi novio **Héctor Daniel Guerra Lara** por brindarme tu amor, amistad y el ánimo para concluir este trabajo, aunque te conocí hace poco más de un año has estado conmigo en las buenas y en las malas, siempre apoyándome y sujetando mi mano, si algún día llegara a caer sé que estarás ahí conmigo para levantarme y guiarme por el camino correcto, gracias amor por todo el ánimo que me das con tus palabras, tus actos llenos de amor y ternura, a darme cuenta que no existe adversidad alguna si estoy a tu lado, por creer en mis palabras, en mi persona y finalizar hoy junto conmigo esta etapa importante para ambos, por todo eso y más, amor te dedico este trabajo.

A **Siria Guadalupe Vázquez Acosta** que me ayudaste en lo largo de mi carrera y hoy con este proyecto pongo un punto final en mi carrera, mas no al futuro que Dios nos tiene preparado. También a mis sobrinos **Axel Aarón** y **Diego Isaí** que le han dado un toque especial en mi vida al estar conmigo, contagiándome sus pequeñas sonrisas y seguir aprendiendo más de la vida como lo hacen ustedes dos.

A **Rocío** y **José Ángel Guerra** por compartir tus alegrías, locuras y tristezas conmigo, en esta ocasión quiero compartir con ustedes esta alegría, al **Sr. Daniel** y la **Sra. Patricia de Guerra** por brindarme el apoyo en diferentes ocasiones.

A mis tíos **Blanca** y **Ramón** por siempre verme como un ejemplo y brindarme el apoyo en mis sueños, por verme como si fuera su hija comparto con ustedes esta gran satisfacción que tengo. Mis primos **Blanquita** y **Ramoncito** pequeños jóvenes que han visto como comencé este proyecto y ahora lo finalizo, por la ayuda de blanquita de ir conmigo a tomar datos aunque hiciera frío y oliéramos a tomate, así quiero que dentro de unos años estén haciendo lo mismo, titulándose, por eso les dedico mi proyecto a ustedes y les doy mi ejemplo de que todo lo que uno se propone con la ayuda de Dios se puede.

A todos mis amigos, compañeros y personas que han contribuido a la realización de este proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

**A mi *Alma Terra Mater*, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, gracias a todos los maestros e investigadores quienes durante estos cuatro años se esmeraron por dar lo mejor para mi formación profesional, por los conocimientos teóricos y prácticos que adquirir y las experiencias vividas en esta Universidad.**

Nuevamente a mi asesor principal el **Dr. Alberto Sandoval Rangel**, gracias por dirigir esta tesis y poner de su empeño, dedicación profesional, aportaciones teóricas, experiencias, consejos y llamadas de atención que giran en torno a la investigación. Su paciencia para conmigo y exigencia que fueron claves para que se realizara este trabajo. Sin su dedicación y disponibilidad no hubiera podido lograr esta meta.

A mis sinodales el **Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente**, por su amable aceptación y disponibilidad de tiempo al querer participar con nosotros en este proyecto, por infundir en mí un gran aprecio y por el caudal de información que me pudo proporcionar, tanto dentro de las aulas y ahora con este proyecto.

Al **Dr. Luis Alonso Valdés Aguilar** por ser mi maestro en algunas asignaturas, por las asesorías extras y disponer de tiempo para resolver dudas y curiosidades del ámbito profesional, gracias por formar parte del equipo de trabajo que somos.

A las laboratoristas **Martina** y **Lupita Ovalle**, que en su momento me auxiliaron para que una parte de mi proceso de investigación concluyera.

A la **Sra. Máyela Ortiz de Sandoval**, por la ayuda con la parte práctica de mi trabajo y por la confianza brindada, muchas gracias maye.

A **Hugo Sandoval**, por la disponibilidad de cooperar conmigo en el invernadero y en algunos procesos físico-químicos.

A la empresa **BIOSTAR**, por el apoyo económico para realizar esta tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Estudios de Efectividad Biológica para Insumos de Nutrición Vegetal.....	3
Norma Oficial Mexicana 077-FITO-2000.....	3
Hormonas Vegetales y Reguladores de Crecimiento.....	8
Auxinas.....	8
Citocininas.....	11
Ácidos Fúlvicos.....	12
Aminoácidos.....	13
Extractos de Algas Marinas.....	13
Los Enraizadores.....	14
Descripción del Producto Evaluado.....	14
Generalidades del Cultivo del Tomate o Jitomate.....	15
Origen.....	15
Producción Mundial.....	16
Producción en México.....	17
Producción de Tomate en el Estado de Coahuila.....	18
Taxonomía del Tomate.....	19
Sistema Radicular del Tomate.....	19
Morfología de la Raíz.....	19
MATERIALES Y METODOS.....	22
Localización Geográfica.....	22
Descripción del Sitio Experimental.....	22
Descripción de los Tratamientos.....	22
Descripción de Actividades para el Establecimiento del Experimento.....	23
Producción de Plántula.....	23
Trasplante.....	23
Riego.....	23
Fertilización.....	24
Manejo del Cultivo.....	24
Cosecha.....	24
Descripción de las Variables Estudiadas.....	24
Peso Fresco de Raíz.....	24
Peso Seco de Raíz.....	24
Numero de Frutos Cosechados.....	25
Peso de Frutos.....	25
Peso Promedio de Frutos.....	25
Rendimiento por Planta.....	25
Sólidos Totales o Grados Brix.....	25

Firmeza y pH.....	25
Análisis de Datos.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
Variables de Crecimiento.....	26
Peso Fresco de la Raíz.....	26
Peso Fresco y Seco de la Planta.....	27
Altura, Diámetro Basal, Longitud y Diámetro Entrenudos.....	27
Variables de Rendimiento.....	28
Número y Peso de Frutos por Planta.....	28
Variables de Calidad del Fruto.....	29
Peso Promedio, Diámetro y Longitud de Fruto.....	30
Grados Brix, pH y Firmeza del Fruto.....	31
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

## INDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>CUADRO 1.</b> Composición del producto Star Root G2.....	15
<b>CUADRO 2.</b> Descripción de los tratamientos evaluados. ....	23
<b>CUADRO 3.</b> Valores medios y desviación estándar de peso fresco y seco de la planta...	27
<b>CUADRO 4.</b> Valores medios y desviación estándar de las variables de crecimiento.....	28
<b>CUADRO 5.</b> Valores medios y desviación estándar de las variables de rendimiento en tres racimos cosechados.....	29
<b>CUADRO 6.</b> Valores medios y desviación estándar del peso promedio, longitud y diámetro del fruto de tomate en respuesta a la aplicación del producto Star Root G2 .....	30
<b>CUADRO 7.</b> Valores medios y desviación estándar de la firmeza, grados Brix y pH del fruto de tomate en respuesta a la aplicación del producto Star Root G2.....	31

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA 1.</b> Participación de la Producción Mundial.....	16
<b>FIGURA 2.</b> Producción del valor de las exportaciones mundiales.....	17
<b>FIGURA 3.</b> Producción de tomate en México.....	17
<b>FIGURA 4.</b> Producción de tomate en Coahuila.....	18
<b>FIGURA 5.</b> Morfología de la raíz.....	21
<b>FIGURA 6.</b> Peso Fresco de la raíz.....	26
<b>FIGURA 7.</b> Valores medios y desviación estándar del peso fresco de la raíz en la planta de tomate.....	26
<b>FIGURA 8.</b> Imagen del fruto del tomate obtenido en este estudio.....	29

## RESUMEN

Los estudios de efectividad biológica, son pruebas que se realizan a los insumos agrícolas antes de ser comercializados, con el con el propósito de certificar que su aplicación cumpla con la función para la cual fueron elaborados. Este trabajo tuvo como objetivo, realizar el estudio de efectividad biológica del producto Star Root G2, en el cultivo de tomate cultivado en sustrato y bajo cubierta. Se evaluaron 3 dosis del producto; 100, 200, 400 g. ha<sup>-1</sup>, una forma diferente de aplicación: la dosis de 200 g. ha<sup>-1</sup>, aplicada al igual que las anteriores y se continuo aplicando cada 15 días, iniciando en el primer corte hasta finalizar el cultivo y un testigo absoluto 0.00 g. ha<sup>-1</sup>. Se midió: Peso fresco y seco de raíz y planta, altura y diámetro de planta, longitud y grosor de los entrenudos, número y peso de frutos cosechados, rendimiento por planta. En fruto se midió: Peso promedio, longitud y diámetro, firmeza, grados Brix y pH. Los resultados muestran que, la aplicación del producto Star Root G2 en el cultivo de tomate imperial, cultivado en sustrato e invernadero, aumentó el peso fresco de la raíz y el peso promedio del fruto a las dosis de 400.00 g.ha<sup>-1</sup> y 200.00 g.ha<sup>-1</sup> aplicada adicionalmente cada 15 días una vez iniciada la cosecha. Aumentó la longitud de los frutos a las dosis de 200.00 y 400 g.ha<sup>-1</sup>, y el contenido de sólidos totales a la dosis de 200.00 g.ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Enraizadores, reguladores de crecimiento.

## INTRODUCCION

La creciente demanda de agroquímicos ha motivado la aparición en el mercado de una gran cantidad de estos productos (UMFFAAC, 2013). Si bien el uso de agroquímicos ha conseguido obtener incrementos substanciales en la producción, la falta de regulación ha permitido la comercialización de productos, que lejos de mejorar los cultivos no tienen efecto o provocan daños, impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura (Zavaleta, 1999).

Con el propósito de evitar que salgan al mercado productos cuya acción tengan un efecto negativo en los cultivos, ocasionando problemas a los agricultores, la Secretaría Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), regula la formulación de agroquímicos mediante el registro de productos. Para el registro de insumos de nutrición vegetal, la SAGARPA emite la Norma Oficial Mexicana 077-FITO-2000. (DOF, 2000), actualizada en diciembre del 2011 (DOF, 2011). Esta norma incluye los estudios de efectividad biológica, que son evaluaciones que se les realizan a los productos para obtener el registro y poder ser comercializados en el territorio nacional. Estos estudios los realizan instituciones autorizadas por la SAGARPA en la región sureste del estado de Coahuila, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Para el presente trabajo la Empresa Biostar México S de RL de CV, solicita el estudio del Producto Star Root G2, clasificado como un enraizador, cuyo ingrediente activo principal son auxinas (Biostar, 2013). Las auxinas son reguladores de crecimiento que son utilizados ampliamente para promover el desarrollo de raíces (Bartel *et al*, 2001).

Se eligió el cultivo del tomate o jitomate (*Solanum lycopersicon*), que es la hortaliza más importante a nivel nacional, se cultiva en 28 estados de la república mexicana, en una superficie de 55, 888.04 hectáreas, y genera una derrama económica interna de \$13,146.85 millones de pesos, y un ingreso de divisas de 17,415.77 millones de pesos; también tiene una gran importancia social, ya que su manejo genera una amplia fuente de trabajo (SIAP, 2012).

Por lo anterior este trabajo se realizó con el siguiente:

### **Objetivo**

Realizar el estudio de efectividad biológica del Star Root G2, el cultivo de tomate, cultivado en sustrato e invernadero.

### **Hipótesis**

La aplicación del producto Star Root G2, tendrá un efecto positivo en el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo del tomate.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Estudios de Efectividad Biológica para Insumos de Nutrición Vegetal**

Son evaluaciones que se realizan a los fertilizantes orgánicos, reguladores de crecimiento, mejoradores de suelos orgánicos o biológicos, inoculantes y humectantes, solos o combinados entre sí, con el propósito de obtener el registro para su comercialización en el territorio nacional. El estudio se realiza a solicitud de las empresas formuladoras o comercializadoras de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 077-FITO-2000 (DOF, 2000) actualizada en diciembre del 2011 (DOF 2011), que emite la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

### **Norma Oficial Mexicana 077-FITO-2000**

#### **1.- Objetivo y campo de aplicación**

**1.1.** La presente Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria y establece las especificaciones, criterios y procedimientos para regular los estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal en todo el territorio nacional.

**1.2.** Es aplicable a fertilizantes orgánicos, mejoradores orgánicos o biológicos de suelo, inoculantes, reguladores de crecimiento vegetal y humectantes, solos o combinados entre sí y/o con productos inorgánicos.

**1.3.** Los siguientes productos no forman parte de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana:

**1.3.1.** Los fertilizantes inorgánicos elaborados con base en nutrientes primarios, secundarios y micronutrientes (quelatados o no) al igual que sus mezclas, dado que su efectividad en las plantas es plenamente conocida.

**1.3.2.** Los mejoradores inorgánicos del suelo elaborados con base en nutrientes secundarios al igual que sus mezclas, ya que su efectividad es plenamente conocida.

**1.3.3.** Los productos de uso exclusivamente intermedio, utilizados como materia prima para la formulación de otros insumos de nutrición vegetal.

**1.3.4.** La urea por su desempeño suficientemente conocido.

## **2. Definiciones**

**Efectividad Biológica:** Resultado conveniente que se obtiene al aplicar un insumo de nutrición vegetal.

**Etiqueta:** Conjunto de dibujos, figuras, leyendas e indicaciones específicas, grabadas o impresas, en los envases y embalajes, la cual cumple con lo establecido en la normatividad vigente.

**Fertilizante inorgánico:** Insumo de nutrición vegetal elaborado a base de nutrientes primarios, nutrientes secundarios y micronutrientes que se presentan en forma mineral.

**Fertilizante orgánico:** Insumo de nutrición vegetal cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales proceden de materiales que contienen carbono de origen animal y/o vegetal.

**Humectante:** Sustancia o mezcla de sustancias que favorece la retención de agua para las plantas al ser aplicada en el suelo.

**Inoculante:** Insumo de nutrición vegetal elaborado con base en microorganismos que, al

aplicarse al suelo o a las semillas, favorece el aprovechamiento de los nutrientes, o bien en asociación con la planta o su rizósfera.

**Insumo de nutrición vegetal:** Cualquier sustancia o mezcla de ellas que contenga elementos útiles para la nutrición y desarrollo de los vegetales.

**Laboratorio de pruebas:** Persona moral acreditada y aprobada para realizar estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal, en los términos establecidos en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**Mejorador de suelo:** Sustancia orgánica o inorgánica capaz de modificar las propiedades y características físicas, químicas o biológicas del suelo.

**Micronutrientes:** Nutrientes minerales que las plantas requieren en pequeñas cantidades y comprenden al hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y cobalto (Co).

**Nutrientes primarios:** Nutrientes minerales que las plantas requieren en grandes cantidades y comprenden al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

**Nutrientes secundarios:** Nutrientes minerales que las plantas requieren en cantidades intermedias y comprenden al magnesio (Mg), calcio (Ca) y azufre (S).

**Registro de insumos de nutrición vegetal:** Proceso mediante el cual la autoridad competente aprueba la venta y suministro de un insumo de nutrición vegetal.

**Regulador de crecimiento:** Insumo de nutrición vegetal con base en moléculas orgánicas que favorece o inhibe los procesos celulares tales como división, alargamiento y diferenciación celular en las plantas.

**Secretaría:** La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación (SAGARPA).

**Testigo absoluto:** Tratamiento integrado en el diseño experimental que sirve como punto de referencia para medir la efectividad biológica de un producto en evaluación.

### **3. Especificaciones**

**3.1.** Los estudios de efectividad biológica se realizarán en los cultivos que designe la Secretaría a partir de una lista propuesta por el particular. En el caso en que el particular designe el cultivo donde se evaluará la efectividad biológica del insumo de nutrición vegetal correspondiente y con base en los resultados del estudio, la Secretaría dictaminará el uso del insumo para todos los cultivos de la misma familia botánica.

**3.1.1.** Si el particular considera que su producto se registre con recomendación para cultivos de distintas familias botánicas, debe proponer a la Secretaría la designación del cultivo en el cual se evaluará el insumo con base en una lista de cultivos en donde se incluyan las dosis, épocas y métodos de aplicación que proporcione a ésta; en este caso, la Secretaría dará respuesta en un plazo no mayor a 15 días hábiles.

**3.1.2.** Para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal, el particular presentará un protocolo de investigación, el cual será elaborado por el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado, que desarrollará el estudio conforme a lo establecido en el Apéndice “A” (Normativo).

Lunes 19 de diciembre de 2011 DIARIO OFICIAL (Primera Sección)

**3.2.** Procedimiento para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal.

**3.2.1.** Los estudios de efectividad biológica de insumos de nutrición vegetal se realizarán

por los laboratorios de pruebas acreditados y aprobados, con el fin de estar acorde con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con el SEGUNDO TRANSITORIO de la presente Norma Oficial Mexicana.

**3.2.2.** Se utilizará un diseño que indique el arreglo y distribución de la unidad experimental con un mínimo de tres repeticiones, incluyendo por lo menos tres dosis a evaluar y un testigo absoluto.

**3.2.3.** Se permite la utilización de otros insumos de nutrición vegetal o plaguicidas en el desarrollo del estudio, siempre y cuando éstos no interfieran en los resultados del insumo de nutrición vegetal que se estudia, siendo responsabilidad del profesional encargado del mismo el presentar la justificación del uso y la comprobación correspondiente en el informe final o cuando se le solicite.

## **Hormonas Vegetales y Reguladores de Crecimiento**

Se entiende por hormonas vegetales aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo ó metabolismo del vegetal. El término "sustancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las sustancias tanto de origen natural como las sintetizadas en un laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo ó desarrollo en la planta. (Salisbury y Ross, 1978)

Las hormonas vegetales se clasifican en cinco grupos:

1. Auxinas
2. Citoquininas o Citocininas
3. Giberelinas
4. Etileno
5. Ácido Abscísico

A continuación se describirán las características de las auxinas y citocininas, que son los reguladores que se utilizaron en este estudio.

### **Auxinas**

Las auxinas se definen como sustancias orgánicas que promueven la elongación celular cuando se aplican en concentraciones bajas a tejidos vegetales (Cohen *et al*, 2003). Los

tipos de auxinas más comunes son:

Ácido Indolacético (AIA)

Ácido Naftalanacético (ANA)

Ácido Indolbutírico (AIB)

2,4-D

2,4, 5-T

El Ácido Indolacético (IAA) es la auxina más estudiada y la de mayor presencia natural en plantas. La actividad de cada auxina es diferente, tanto el IAA como sus precursores, pueden sufrir conversiones a ácido indol-3-láctico, indol-3-etanol y ácido indol-3-butírico (IBA). Éste último ha sido usado comercialmente más que el IAA debido a su eficiencia en promover el desarrollo de raíces adventicias (Bartel *et al.*, 2001).

Uno de los estimulantes del enraizamiento es el ácido indolbutírico (AIB), el cual tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructoras de auxinas la destruyen en forma relativamente lenta. Otra auxina utilizada con frecuencia en la promoción de raíces es el ácido naftalanacético (ANA); sin embargo, este producto es más tóxico que el AIB y deben evitarse las concentraciones excesivas del mismo por el peligro de provocar daños en las células (Weaver, 1987).

Las funciones de las auxinas son las siguientes:

1. Dominancia apical.
2. Aumentar el crecimiento de los tallos.
3. Promover la división celular en el cambium vascular y diferenciación del xilema secundario.
4. Estimular la formación de raíces adventicias

5. Estimular el desarrollo de frutos (en ocasiones partenocárpicos).
6. Fototropismo.
7. Promover la división celular.
8. Promover la floración en algunas especies.
9. Promover la síntesis de etileno (influye en los procesos de maduración de los frutos).
10. Favorece el cuaje y la maduración de los frutos.
11. Inhibe la abscisión ó caída de los frutos.

**Auxinas en la raíz.** Las auxinas se producen casi continuamente por algunos tejidos de la planta, sin embargo no se acumulan en grandes cantidades. Esto significa que algún proceso o procesos, de inactivación o de destrucción deben ocurrir. De hecho su inactivación es una parte importante del sistema por el que se logra el control y la correlación del desarrollo, pues la concentración de auxina en un sitio dado, es proporcional tanto a la tasa de su producción o transporte como a la tasa de su destrucción (Bidwell, 1979).

Su movimiento en la planta no es solo basipétalo; numerosos experimentos han demostrado que si se aplica IAA radioactivo, se mueve de modo acropétalo, con una velocidad considerable. Desafortunadamente no es posible determinar cuanta se mueve o que proporción del complejo total móvil de auxinas está involucrado. Las auxinas inducen cambios en la expresión del gen en cuestión de minutos de aplicación. El control hormonal puede lograrse por la operación de la hormona de manera específica o general,

o bien por el establecimiento de gradientes de concentración polarizados en los tejidos (Bidwell, 1979). Los gradientes se desarrollan por la síntesis localizada de una hormona, por su movimiento, transporte y por su destrucción. El crecimiento parece ser un requisito para la síntesis de IAA y éste parece producirse principalmente en los ápices en desarrollo, hojas en expansión y tejidos con igual actividad meristemática. Hay problemas respecto a la raíz; algunos experimentos sobre crecimiento radical sugieren que la auxina es el agente mediador en el control de la morfología de la raíz por el ápice. Sin embargo, la cantidad de auxina presente en la raíz es casi inmensurable y no se ha tenido una evidencia directa de que se produzca en ese órgano. Parece más probable que la auxina presente en la raíz se transporte del tallo, pero este problema no se ha resuelto aun (Bidwell, 1979).

### **Citocininas**

Son hormonas esenciales en el accionar de varios procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas y relacionados a la acción de varios genes. Son derivados de la base adenina. Su origen se relaciona al descubrimiento de la Kinetina, que dio origen al nombre de Citoquininas (Jordan y Casaretto, 2006).

Los diferentes tipos de citocininas son; Zeatina, Kinetina y Benziladenina (BAP) (Salisbury y Ross, 1978).

Las citocininas se sintetizan en los meristemos apicales de las raíces, aunque también se producen en los tejidos embrionarios y en las frutas. Son realmente abundantes en los frutos jóvenes, en las semillas, las hojas jóvenes y en las puntas de las raíces (Skene, 1975). Se transportan en la planta por vía acropétala, desde el ápice de la raíz hasta los

tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema (Salisbury y Ross, 1978)

En resumen las Citocininas:

1. Estimulan la división celular y el crecimiento
2. Inhiben el desarrollo de raíces laterales
3. Rompen la latencia de las yemas axilares
4. Promueven la organogénesis en los callos celulares
5. Retrasan la senescencia ó envejecimiento de los órganos vegetales
6. Promueven la expansión celular en cotiledones y hojas
7. Promueven el desarrollo de los cloroplastos.

### **Ácidos Fúlvicos**

Son moléculas de bajo peso molecular, extremadamente complejas, solubles en agua con pH ácido o básico; su estructura molecular le confiere sus raras propiedades y naturaleza bioactiva (Melo, 2006). Son la fracción soluble de los ácidos húmicos, tienen menor peso molecular mayor contenido de oxígeno disminuyendo su contenido de C, N y grado de polimerización que los ácidos húmicos (Stevenson, 1994).

Son la fracción más ácida y contienen una gran cantidad de grupos aniónicos COOH (Carboxílicos), OH (Hidroxílicos) y con mayor capacidad de intercambio catiónico

(C.I.C); donde se forman complejos estables, es decir quelatos con una cantidad de cationes minerales como Ca, Mg y Zn (Steelink, 1985) favorecen la porosidad, aumentan la capacidad de amortiguación del suelo y permite inmovilizar los iones tóxicos presentes en el suelo. Los ácidos fúlvicos tienen múltiples beneficios como los son el aprovechamiento de fertilizantes foliares y radicales (Guerrero 2012).

### **Aminoácidos**

Todos los seres vivos necesitan aminoácidos como unidades estructurales, para formar proteínas y enzimas. Existen veinte aminoácidos constituyendo proteínas algunas son: Alanina, Arginina, Asparagina, Ácido aspártico, Cisteína, Ácido Glutámico, Glutamina, Glicina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Prolina, Serina, Treonina, Triptófano, Tirosina y Valina.

Las plantas producen estos aminoácidos mediante el nitrógeno que absorben principalmente por la raíz. Este proceso es largo y demanda un alto costo energético. Por lo cual la aplicación exógena de ellos, ya sea foliar o al suelo representan un ahorro de energía para la planta. La aplicación de aminoácidos al suelo, como ya se mencionó anteriormente permite a la planta su absorción a través de sus raíces y además favorece la actividad microbiana del suelo, dado que la mayoría de los microorganismos también toman dichos aminoácidos (Phytoorganic, 2014)

### **Extractos de Algas Marinas**

Son productos que provienen en su mayoría de algas marinas pardas, las cuales, se colectan en aguas templadas. Las especies más utilizadas son: *Ascophyllum nodosum*,

*Ecklonia máxima*, *Fucus vesiculosi*; *Laminaria* y el *Sargassum* son menos usadas. Aun cuando todas estas algas pertenecen a las *Phaeophyceae*, es probable que su uso se escoja por su tamaño y disponibilidad, más que por alguna determinación o cualidad específica (Mooney y Van Staden, 1985). Los extractos líquidos son elaborados mediante procesos que incluyen: Maceración y agitación en agua caliente, hidrólisis ácida o alcalina con o sin vapor, estallamiento por presión; en este último método, permite la liberación de prácticamente todos los componentes intracelulares, incluyendo los reguladores de crecimiento (Senn, 1987).

### **Los Enraizadores**

Los enraizadores se definen como productos naturales o químicos, hechos a base de hormonas vegetales y estimulantes. Contienen principalmente auxinas, su función principal como su nombre lo dice, promover el crecimiento radicular, produciendo la mitosis en las células basales y apicales para de esa forma expandir su crecimiento (García, 2003).

### **Descripción del Producto Evaluado**

Star Root G2 es un producto de la empresa Biostar México S de R.L de C.V. diseñado para inducir la formación de raíces en cualquier etapa fenológica de los cultivos. Estimula la formación de raíces secundarias y pelos absorbentes, reflejándose en un menor estrés post trasplante, rapidez de establecimiento, engrosamiento de tallos, mayor exploración del suelo, aumento en la absorción del agua, nutrientes así como la reactivación de cultivos en etapas críticas como fructificación y cosecha. (Biostar, 2013).

En su formulación Star Root G2, combina hormonas promotoras del desarrollo de raíces (Auxinas), al mismo tiempo que estimulan la diferenciación y división celular (Citocininas), nutrientes que intervienen en este proceso (Fósforo, Nitrógeno y Zinc), ácido fúlvico, extracto de algas y aminoácidos, que coadyuvan en la formación de raíces (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición del producto Star Root G2

<b>COMPOSICIÓN</b>	
Fosforo Disponible (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	34.00 %
Nitrógeno Total	7.00 %
Zinc	6.50 %
Complejo de Auxinas	21.250 ppm
Complejo de Citocininas	500 ppm
Extracto de Algas Marinas	5.00 %
Aminoácidos	5.00 %
Acido Fulvico	15.00 %
Acondicionadores e Inertes	25.32 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

### **Generalidades del Cultivo del Tomate o Jitomate**

#### **Origen**

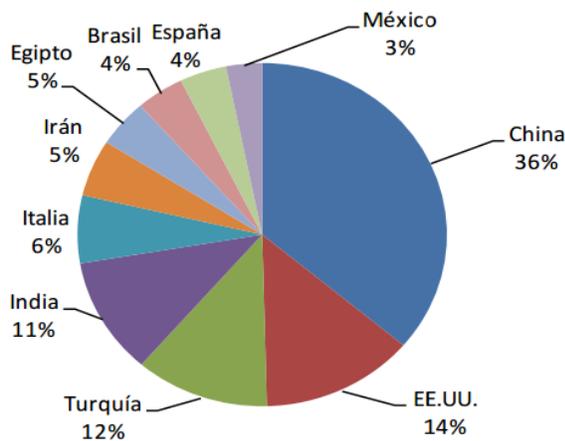
El tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill), es originario del área del Perú, Ecuador y Bolivia, en los Andes de Sudamérica. El hábitat natural de esta especie es una estrecha franja costera que se extiende desde el Ecuador (0° de latitud) hasta el norte de Chile (30° latitud sur) y entre el Pacífico y los Andes en latitudes que varían entre 0 a 2000 metros. Se incluyen las Islas Galápagos, donde aproximadamente no llueve durante

seis meses pero si existe una niebla constante a temperaturas de 17 a 24 °C (Consuelo; 1991, Villela; 1993 y Olimpia; 2000).

### Producción Mundial

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie.

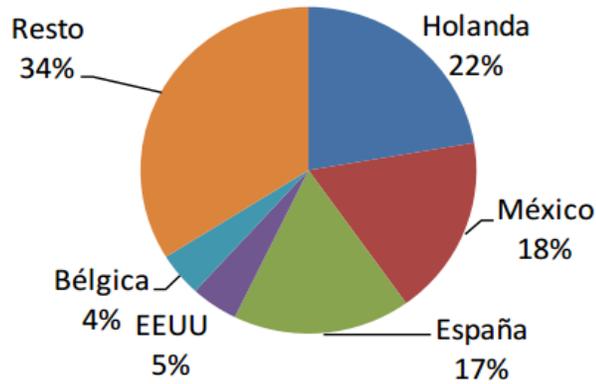
La producción de tomate en el 2008 se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de jitomate en el mundo, con una participación de 36%. Le sigue Estados Unidos con 14%; Turquía 12%, India 11%, mientras que México ocupó el doceavo lugar, con 3% de participación en la producción. (SAGARPA, 2010).



Fuente: Organización para la Agricultura y la alimentación (FAO)

**Figura 1.** Participación de la Producción Mundial

Los países con mayor volumen de exportación en el mundo son: Holanda 22%, México 18% y España 17% del total mundial. (SAGARPA, 2010)

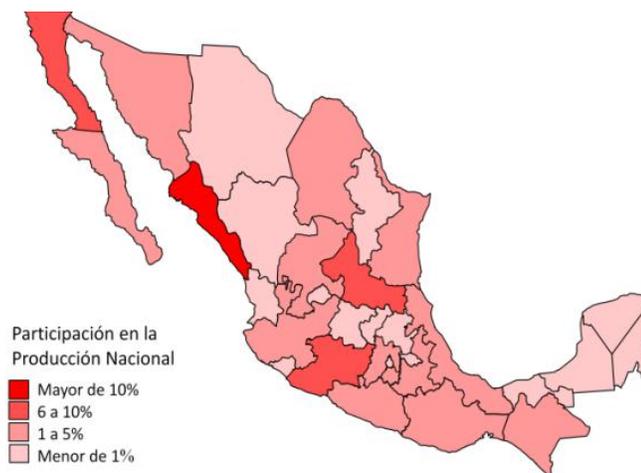


Fuente FAO

**Figura 2.** Producción del valor de las exportaciones mundiales.

### Producción en México

Durante 2008 se produjeron en todo México 2.26 millones de toneladas de jitomate, siendo el principal productor el estado de Sinaloa con el 35%, Baja California, 9%. Michoacán 8%, San Luis Potosí 6% y Jalisco 5%.



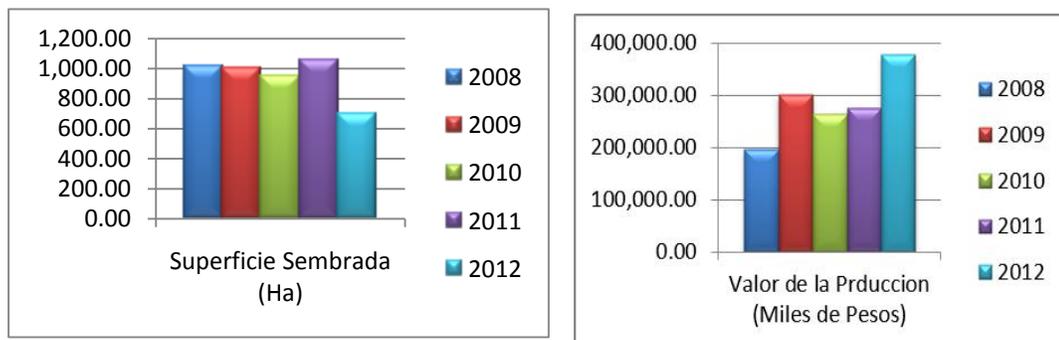
Fuente: SAGARPA, DGAFR con datos de SIAP.

**Figura 3.** Producción de Tomate en México

En la república Mexicana se produce jitomate durante todo el año. En el análisis temporal durante los primeros meses del año, es cuando se genera el tope de producción nacional. En el estado de Sinaloa abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano. Por otro lado durante el verano, la producción de los estados del centro y de Baja California, es la que abastecen la demanda interna y de exportación. Finalmente, en los meses de agosto a diciembre, son otras entidades las que cubren la producción.

### Producción de Tomate en el Estado de Coahuila

En los últimos 5 años se han registrado con 1000 hectáreas de superficie sembrada de tomate, abarcando invernaderos y campo abierto. Durante el año 2011 se obtuvo un aumento en la superficie sembrada. Mientras que en el año 2012 ocurrió una sequía en todo el estado reportando con baja superficie de hasta 700 hectáreas provocando un incremento en el costo de la producción (SIAP, 2012).



**Figura 4.** Producción de tomate en Coahuila

### **Taxonomía del Tomate**

Este cultivo pertenece al reino de los vegetales, división Tracheophyta, clase Angiosperma, subclase Dicotiledonea, orden Tubifloral, familia Solanácea. El género es *Lycopersicon*, el subgénero *Eulycopersicon* y la especie *Lycopersicon esculentum*, Mill. Se conocen nueve especies del género *Lycopersicon*, (Nuez, F, 2001), pero solamente *Lycopersicon esculentum* Mill es cultivada comercialmente como hortaliza. Las especies silvestres de este género tienen gran importancia en el mejoramiento del tomate.

### **Sistema Radicular del Tomate**

Presenta una raíz principal, según Esau, K (1982) en las Monocotiledóneas el sistema radical es homorizo (no hay raíces principales). Las raíces embrionales son de corta vida y pronto son reemplazadas por el sistema radical adventicio que crece en forma de cabellera. Las raíces adventicias se diferencian de las embrionales porque nacen en cualquier parte de la planta excepto en el embrión.

### **Morfología de la Raíz**

La raíz se diferencia del tallo porque no posee nudos, entrenudos y hojas, por lo tanto el cono vegetativo tampoco presenta nudos, entrenudos ni primordios foliares.

Cualquiera sea el tipo de raíz, embrionales o adventicias, presentan las siguientes zonas:

**Cuello:** Lugar de unión de la raíz con el tallo.

**Zona suberificada:** Esta zona se extiende desde el cuello hasta la zona pilífera.

Corresponde a la región de la raíz donde se forman las raíces secundarias o laterales.

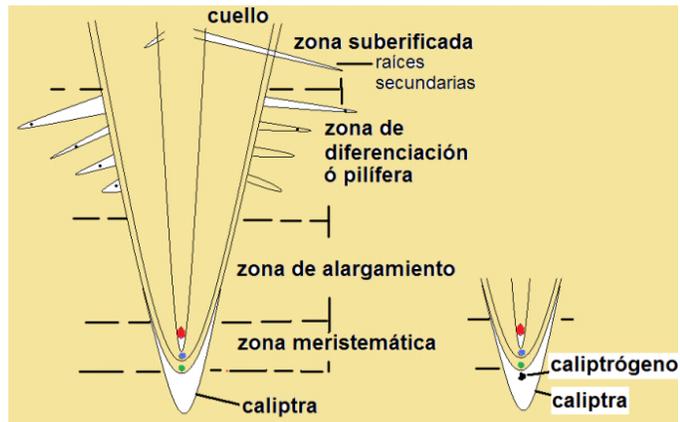
**Zona de diferenciación o pilífera:** A nivel de esta zona se visualizan los tejidos primarios y adultos (que constituyen la estructura primaria de la raíz). En la superficie o rizodermis se pueden observar los pelos radiculares o pelos absorbentes.

**Pelo absorbente:** Se caracteriza por ser unicelular, con pared celular delgada y el núcleo se desplaza hacia el ápice adoptando posición subapical en el pelo adulto. Su función es aumentar la superficie de absorción de agua con sales minerales. Generalmente son de corta vida.

**Zona de alargamiento:** Las células derivadas (meristemas derivados) sufren alargamiento, ocurre un cierto número de divisiones y comienzan a diferenciarse los tejidos primarios

**Zona meristemática:** Comprende el meristema o cono vegetativo de la raíz que de acuerdo a la teoría de los histógenos está compuesto por células generadoras: dermatógeno (d), periblema (p) y pleroma (pl) que poseen la propiedad de dividirse por mitosis y producen los meristemas derivados: Protodermis, meristema fundamental y procambium respectivamente. Las células de esta región se dividen activamente para dar origen a los tejidos primarios, excepto en un sector denominado centro de quiescencia o centro de reposo.

**Caliptra o cofia:** Se origina en el dermatógeno y meristema derivado protodermis (en las Dicotiledóneas) o en una célula generativa especial el caliptrógeno (en Monocotiledóneas). Sus células son ricas en almidón y con abundantes dictiosomas, cuyas vesículas transportan mucílagos que facilitan el desplazamiento de la raíz en el suelo. La función de esta zona es proteger la zona meristemática. (Esau, 1982)



**Figura 5.** Morfología de raíz

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización Geográfica**

El presente trabajo de investigación fue realizado durante el periodo de Julio-Diciembre 2012, en un macro túnel ubicado en el Km 6, carretera a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), a 25° 21'56.77" Norte, 101° 01'46.47" Oeste y 1747 msnm (Google Earth, 2014).

### **Descripción del Sitio Experimental**

El trabajo se realizó en un macro túnel semicircular de 6.0 por 20.0 m y una altura de 4.0 m a la parte más alta, cubierto con polietileno (PE) transparente y cortinas laterales abatibles.

### **Descripción de los Tratamientos**

Se evaluaron 4 tratamientos y un testigo, cada tratamiento en tres repeticiones y cada repetición con 3 plantas, en un diseño de bloques completos al azar (Zar, 1996). (Ver cuadro 1). La superficie total que se utilizó en este experimento fue de 52 macetas de 9L cada una.

La primera aplicación del producto se realizó de la siguiente forma: Se pesó la dosis del producto para las nueve plantas del tratamiento, se disolvió en nueve litros de agua y posteriormente se agregó 1.0 litro de la solución a cada maceta. Se realizaron tres aplicaciones: la primera al momento del trasplante, la segunda a los 45 días después de la primera y la tercera a los 30 días después de la segunda. Para el caso del tratamiento 5, adicionalmente a las aplicaciones anteriormente descritas se aplicó cada 15 días

iniciando en el primer corte (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos evaluados.

No	Tratamientos
1	0.00 g.ha <sup>-1</sup> (Testigo)
2	100.00 g.ha <sup>-1</sup>
3	200.00 g.ha <sup>-1</sup>
4	400.00 g.ha <sup>-1</sup>
5	200.00 g.ha <sup>-1</sup> (Igual que las anteriores, más cada 15 días, después del primer corte)

### **Descripción de Actividades para el Establecimiento del Experimento**

#### **Producción de Plántula**

La planta o plántula se produjo en charolas de poliestireno de 200 cavidades y sustrato peatmos. La siembra se realizó el 15 de junio del 2012.

#### **Trasplante**

El trasplante se realizó el día 22 de julio del 2012. Se trasplantó en macetas de polietileno rígido de 9 L, con sustrato de peatmos y perlita en relación 1:1 v/v. Se colocó una planta por maceta.

#### **Riego**

Al agua para riego se analizó en el laboratorio del Patronato para la Investigación Agrícola del estado de Coahuila (PIAEC, 2012).

### **Fertilización**

La fertilización se realizó con solución Steiner (Steiner, 1984), modificada en calcio a 200 ppm y descontando el aporte de Calcio, Magnesio y Potasio del agua de riego.

### **Manejo del Cultivo**

La planta se manejó a un tallo y se podaron las hojas dejando una hoja abajo del racimo próximo a cosecha.

### **Cosecha**

La cosecha se hizo manual, cada 7 días, cortando los frutos de rayado a rojo.

### **Descripción de las Variables Estudiadas**

Se realizaron dos mediciones de la raíz, a los 30 días después de la segunda y tercera aplicación del producto.

**Peso Fresco de Raíz.** Se seleccionaron tres plantas por tratamiento. Se lavaron las raíces con agua corriente, se quitó el exceso de agua con papel absorbente, y se pesaron en una balanza granataria modelo Ohaus serie 100.

**Peso Seco de Raíz.** Las raíces se colocaron en bolsas de papel estraza, previamente identificadas y posteriormente se pusieron a secar a 70°C durante 24 hr, en una estufa de secado marca Mapsa modelo HDP 334<sup>a</sup>, posteriormente las muestras se sacaron de la estufa y se reposaron 15 min para pesarlas finalmente en una balanza analítica marca Velab.

### **Numero de frutos cosechados**

Se contaron el número de frutos cosechados en cada corte de cada repetición.

### **Peso de Frutos**

Los frutos cosechados una vez contados se pesaron en una balanza electrónica marca Cobra Corp, modelo BCC 30.

### **Peso promedio de Frutos**

Resultó de dividir el peso de frutos/ numero de los mismos

### **Rendimiento por Planta**

Resultó de dividir el peso de frutos cortados entre el número de plantas cosechadas.

### **Sólidos Totales o Grados Brix**

Se determinó con un refractómetro Marca Atago Modelo Master 2 $\alpha$ . Para ello se colocó una gota de jugo del fruto en el refractómetro y se midió.

### **Firmeza y pH**

La firmeza se midió con penetrómetro marca OA Suppliess en la parte media del fruto y el pH se midió con un potenciómetro marca Hanna serie Combo HI98129.

### **Análisis de los Datos**

Los datos se analizaron con el modelo estadístico de Bloques Completos al Azar (Zar, 1996), con submuestreo de acuerdo a las variables de estudio (Lara 2001). Se utilizó el paquete estadístico Statistica versión 7.0 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

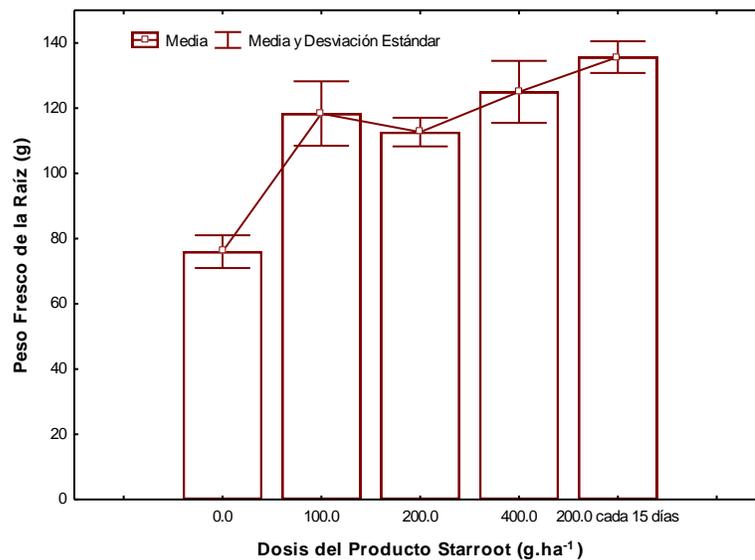
### Variables de Crecimiento

#### Peso Fresco de la Raíz



**Figura 6.** Peso Fresco de la Raíz

La aplicación del producto Star Root G2, estimuló el desarrollo de raíces, expresado en el aumento del peso fresco. Se observó que la dosis de  $400.0 \text{ g.ha}^{-1}$  y la aplicación de  $200.0 \text{ g.ha}^{-1}$  adicionalmente cada 15 días una vez iniciada la cosecha, dieron un mayor peso fresco de la raíz (Figura 7).



**Figura 7.** Valores medios y desviación estándar del peso fresco de la raíz en la planta de tomate.

### Peso Fresco y Seco de la Planta

La aplicación del producto Star Root G2, no afectó el peso fresco aéreo de la planta ni el peso seco de la raíz, solo el peso fresco en raíz, como se describió en el párrafo anterior (Figura 7, cuadro 3).

**Cuadro 3.** Valores medios y desviación estándar de peso fresco y seco de la planta.

Dosis (g.ha <sup>-1</sup> ) de Starroot	Peso Fresco (g)		Peso Seco (g)	
	Planta	Raíz	Planta	Raíz
0.00	3033.19±545.00	76.00±5.29 c	214.57±69.31	6.09±0.66
100.00	2674.85±446.01	118.33±10.40 b	180.58±69.98	7.56±1.80
200.00	2848.19±500.89	112.66±4.61 b	175.26±38.37	6.81±0.20
400.00	3398.16±540.00	125.00±10.00 ab	196.53±14.70	7.73±1.03
200.00 (c/15d)	2855.06±262.38	135.66±5.13 a	202.26±22.27	7.24±0.57
F Calculada - F Tablas P <sub>≥</sub> 0.05	1.02 – 0.44	27.12 – 0.002	0.32 – 0.85	1.26 – 0.34
Media de los Tratamientos	2961.89±472.15	113.53±21.92	193.84±43.80	7.08±1.05

Literales a, b, c diferentes en la misma columna indican que hay diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (Tukey 0.05), c/15d = Cada 15 días.

### Altura, Diámetro Basal, Longitud y Diámetro de Entrenudos

La aplicación del producto Star Root G2, aumentó el diámetro basal de la planta de tomate a las dosis de 200 y 400 g.ha<sup>-1</sup>, y no se observó efecto en la altura, ni la longitud ni en el diámetro de entrenudos (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Valores medios y desviación estándar de las variables de crecimiento.

<b>Dosis (g.ha<sup>-1</sup>) de Starroot</b>	<b>Altura Cm</b>	<b>Diámetro Basal mm</b>	<b>Longitud Entrenudos Cm</b>	<b>Diámetro Entrenudos Mm</b>
0.00	126.33±4.58	8.15±0.85 ab	33.50±5.00	13.62±2.31
100.00	126.83±4.95	8.07±0.65 ab	34.00±2.75	13.73±1.87
200.00	127.83±3.25	9.32±0.77 a	33.00±3.16	12.81±1.74
400.00	124.83±4.66	9.10±0.04 a	36.16±2.78	11.92±1.60
200.00 (15 )	128.66±5.42	7.86±0.87 b	37.00±5.32	12.33±2.29
F Calculada - F Tablas P≥0.05	0.60 – 0.66	3.62 – 0.01	1.16 – 0.34	0.95 – 0.45
Media de los Tratamientos	126±4.50	8.50±0.99	34.73±4.01	12.88-1.98

Literales a, b, c diferentes en la misma columna indican que hay diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (Tukey 0.05), c/15d = Cada 15 días.

Las auxinas son frecuentemente utilizadas para promover el desarrollo de raíces (Phytoorganic, 2014). Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en este estudio, en el cual se observó un aumento en el peso fresco de la raíz, mas no en el peso seco como era de esperarse. A sí mismo, en la revisión de literatura se encontró que las auxinas aplicadas en la planta, alargan las células localizadas en el parénquima dando como resultado un aumento en la altura de las plantas y elongación de tallos (Bidwell, 1979, Phytoorganic, 2014). Sin embargo, dicho efecto no se observó en este estudio.

### **Variables de Rendimiento**

#### **Número y Peso de Frutos por Planta**

La aplicación del producto Star Root G2, no afecto los componentes del rendimiento, como el numero y peso de frutos cosechados por planta y por lo tanto el rendimiento no fue afectado, como se observa en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Valores medios y desviación estándar de las variables de rendimiento, en tres racimos cosechados.

<b>Dosis (g.ha<sup>-1</sup>) de Starroot</b>	<b>Numero de Frutos por Planta</b>	<b>Peso de Frutos por planta</b>	<b>Extrapolación a Ton/ha (22,800 Plantas)</b>
0.00	9.91±0.79 a	1643.91±103.15 a	37.46
100.00	8.48±0.95 a	1507.77±163.09 a	34.35
200.00	7.99±2.81 a	1397.49±451.22 a	31.85
400.00	9.66±9.99 a	1842.12±411.71 a	41.99
200.00 (15 )	9.33±9.33 a	1734.38±131.93 a	39.53
F Calculada – F Tablas P≥0.05	0.6846 – 0.6185	1.095 – 0.410	
Media de los Tratamientos	9.07±1.61	1625.14±296.45	

Literales a, b, c diferentes en la misma columna indican que hay diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (Tukey 0.05), c/15d = Cada 15 días.

La aplicación de auxinas a través del producto Star Root G2, no afectó el cuajado de frutos, por lo tanto no hubo efecto en el número de frutos cosechados por planta. Por lo general cuando la planta tiene un sano y buen desarrollo radicular, este se expresa en plantas con un buen desarrollo del follaje, que a su vez promueve un mayor desarrollo de los frutos y por lo tanto el rendimiento aumenta, sin embargo este efecto no se observó en este estudio.

### **Variables de Calidad del Fruto**



**Figura 8.** Imagen del fruto del tomate obtenido en este estudio

### Peso Promedio, Diámetro y Longitud del Fruto

La aplicación del producto Star Root G2 aumentó el peso promedio, la longitud del fruto con la dosis de 400 g.ha<sup>-1</sup> y con la dosis de 200.00 g.ha<sup>-1</sup> aplicado cada 15 días. Respecto al diámetro del fruto, también se observó que hubo efecto entre ambas dosis pero no respecto al testigo (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Valores medios y desviación estándar del peso promedio, longitud y diámetro del fruto de tomate en respuesta a la aplicación del producto Star Root G2.

Dosis (g.ha <sup>-1</sup> ) de Starroot	Peso Promedio (g)	Longitud del fruto (mm)	Diámetro del fruto (mm)
0.00	168.23±12.90 b	49.90±4.71 b	65.38±4.87 a
100.00	181.10±13.30 ab	46.90±4.15 b	63.70±4.64 ab
200.00	177.95±20.70 ab	52.84±3.80 a	58.14±3.94 b
400.00	190.53±3.11 a	52.56±2.36 a	65.51±4.80 a
200.00 (15 )	187.94±18.66 a	52.52±3.22 a	67.47±3.03 a
F Calculada - F Tablas P≥0.05	1.033 – 0.4366	2.80-0.047	4.072- 0.011
Media de los tratamientos	181.15±15.10	50.94±4.18	64.04±5.15

Literales a, b, c diferentes en la misma columna indican que hay diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (Tukey 0.05), c/15d = Cada 15 días.

En general se observó que la aplicación del producto aumentó la calidad del fruto, expresada en frutos más grandes, de mayor tamaño y uniformidad. El tamaño del fruto es una de las características físicas de calidad con mayor incidencia en el valor comercial del tomate (Sandoval, 2013). El uso de auxinas para aumentar el tamaño del fruto ha sido un método utilizado durante estos últimos años. (Ronca *et al*, 1998). Sin embargo, en este estudio no se observó efecto.

El jitomate o tomate Imperial F1, es un tomate tipo bola y se caracteriza por ser un fruto con forma globo-profundo, con buen cierre apical, hombros claros, tamaño

grande y un peso promedio de 260 g, (Enza Zaden, 2013). En el presente estudio se produjeron frutos de 181 g en promedio.

### Grados Brix, pH, Firmeza del fruto

Los tratamientos con Star Root G2 no afectaron la firmeza y el pH en el fruto pero sí el contenido de sólidos totales o grados Brix. La dosis 200 g.ha<sup>-1</sup> aumentó los grados Brix de 4.23 a 4.81 (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Valores medios y desviación estándar de la firmeza, grados Brix y pH del fruto de tomate en respuesta a la aplicación del producto Star Root G2.

Dosis (g.ha <sup>-1</sup> ) de Starrroot	Firmeza (Kg/cm <sup>2</sup> )	Brix	pH
0.00	2.12 ± 0.45 a	4.23±0.25 b	5.20±0.08 a
100.00	1.80±0.38 a	4.50±0.72 ab	5.20±0.07 a
200.00	2.22±0.49 a	4.81±0.31 a	5.13±0.05 a
400.00	1.95±0.52 a	4.29±0.15 b	5.11±0.06 a
200.00 (15 )	1.90±0.24 a	4.57±0.33 ab	5.18±0.16 a
F Calculada - F Tablas P≥0.05	0.921 – 0.0466	1.919 – 0.138	1.02 – 0.414
Media de los tratamientos	2.02±0.07	4.48±0.43	5.16 ± 0.09

Literales a, b, c diferentes en la misma columna indican que hay diferencia estadística entre las medias de los tratamientos (Tukey 0.05), c/15d = Cada 15 días.

Entre los principales parámetros de calidad del tomate para la industria están; sólidos solubles, acidez titulable o pH (equivalente de ácido cítrico) (Casierra y Aguilar, 2008).

El fruto maduro y rojo de tomate Imperial para este estudio tuvo una firmeza de 2.02 Kg/cm<sup>2</sup>, contenido de sólidos totales de 1.91 y pH 5.16. Los frutos de tomate imperial son firmes y de alta vida de anaquel (Enza Zaden, 2013). Sin embargo no reporta valores numéricos de la firmeza y la vida de anaquel que sirvan de comparativo a los datos obtenidos en este estudio.

## CONCLUSIONES

La aplicación del producto Star Root G2 en el cultivo de tomate imperial, cultivado en sustrato e invernadero, aumentó el peso fresco de la raíz y el peso promedio del fruto a las dosis de 400.00 g.ha<sup>-1</sup> y 200.00 g.ha<sup>-1</sup> aplicada adicionalmente cada 15 días después de iniciar la cosecha. Incluyendo que también aumentó la longitud de los frutos a las dosis de 200.00 y 400 g.ha<sup>-1</sup> y el contenido de sólidos totales a la dosis de 200.00 g.ha<sup>-1</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

**Bartel B**, Le Clere S, Magidin M, Zolman BK. 2001. Inputs to the active indole-3-acetic acid pool: de novo synthesis, conjugate hydrolysis and indole-3-butyric acid  $\beta$ -oxidation. *J. Plant Growth Regul.* 20: 198-216.

**Bidwell R. G.S.** 1993. Fisiología Vegetal. Reguladores de Crecimiento. AGT. Editor. ISBN 9789684630154.

**BIOSTAR.** 2013. Catálogo de Productos. In: <http://www.biostarmexico.com.mx/>

**Casierra-Posada Fanor y Óscar E. Aguilar-Avendaño.** 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agron. Colomb.* vol.26 no.2 Bogotá July/Dec. 2008.

**Cohen JD**, Slovin JP, Hendrickson A. 2003. Two genetically discrete pathways convert tryptophan to auxin: more redundancy in auxin biosynthesis. *Trends in Plant Science* 8: 197-199.

**Consuelo, H.; Nelia, C.,** 1991. Horticultura. Edición Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. Pág.193.

**DOF** (Diario Oficial de la Federación), 2000. Norma Oficial Mexicana NOM 077 FITO-2000. Publicación mensual. 11 de abril del 2000. México. DF., disponible en: <http://vlex.com.mx/vid/efectividad-biologica-insumos-vegetal-27907019>. Citado el 7 de octubre del 2010.

**DOF** (Diario Oficial de la Federación), 2011. Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-077-FITO-2000, Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. Publicación mensual. 19 de diciembre del 2011. Disponible en <http://www.senasica.gob.mx/?doc=713>. Consultado en febrero del 2014.

**Esau K.** 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Editorial. Hemisferio Sur. Buenos Aires.p.8-19 y 423-464.

**Enza Zaden,** 2014. Catalogo de Semillas de Tomate. Tomate Imperial. In: [http://www.enzazaden.com.mx/Products/fruitvegets/tomato/imperial\\_643.aspx](http://www.enzazaden.com.mx/Products/fruitvegets/tomato/imperial_643.aspx). Consulta: Agosto 2014.

**García Breijo F.J.** 2003. Introducción Al Funcionamiento De Las Plantas. Universidad politécnica de valencia. Germinación de las semillas. Pag 163-164

**Guerrero. R. J.J.,** Efecto de los Ácidos Húmicos en Productividad de Hortalizas. Publicado en Biorracional/Orgánico por Robinson. J. (En Línea) 30 de Mayo 2012.

(Fecha de Consulta 13 de enero de 2014) Disponible en <http://www.hortalizas.com/>.

**Jordan** Miguel y José Casaretto. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas Fisiología Vegetal (F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.) Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2006) 15: xx-xx  
Capítulo XV

**Lara** Porras A.M. (2001). “Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: tratamiento informático mediante SPSS”. Ed.: Proyecto Sur.

**La Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos A.C. 2013** (UMFFAAC).

**Melo** L. L. 2006. Análisis y Caracterización de Ácidos Fulvicos y su Interacción con Algunos Metales Pesados. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

**Mooney**, P. A. and van Staden, J. 1987. Tentative identification of cytokinins in *Sargassumheteropyllum*(Phaeophyceae). Bot. Mar. 30:323-325.

**NOM 077- Fito-2000**. Norma Oficial Mexicana por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de efectividad Biológica de los Insumos de nutrición vegetal. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=713>

**Nuez**, F, 2001, El cultivo del tomate. Ediciones mundi-prensa, primera edición. 1995, reimpresión 2001, Madrid España.

**Olimpia** G.; **Casanova** A.; **Laterrot** H.; **Anais** G. 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. La Habana. 159pp.

**Phytorganic**, 2014. Aminoácidos en la Agricultura. Disponible en: <http://www.phytorganic.com.mx/Page.asp?Id=35>. Consultado agosto 2014.

**PIAEC**, 2013. Patronato para la investigación Agrícola del Estado de Coahuila. A.C. Av. Roman Cepeda No. 4. Arteaga Coahuila, México. CP. 25350.

**Ronca**, F., Arbiza, H., Abella, A., Arias, M., y Gravina, A., 1998. Auxinas sintética de evaluación en la fruta tamaño lisboa rendimiento en tipo limon. Acta Hort. (ISHS) 463: 405-412

**SAGARPA 2010**. Secretaria de Agricultura Ganaderia, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/Paginas/default.aspx>

**Salisbury**, F. B; Ross C.W. 1978. Plant physiology. Second Edition. Belmont, California. Pages 258-268.

**Sandoval, 2013.** Informe del estudio de efectividad biológica del producto Falva K, en el cultivo del Tomate. Sagarpa, 2013.

**Siap.** 2012. Sistema de información agroalimentaria y pesquera <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.

**Senn, T. L., Martin, J. A., Crawford, J. H. and Derting, C. W.** 1961. The effect of Norwegian seaweed (*Ascopyllum nodosum*) on the development and composition of certain horticultural and special crops. South Carolina Agric. Exp. Stn. Res. Ser. No 23 (Not seen).

**Skene, K. G. M.** 1975. Cytokinin production by roots as a factor in the of plant growth. Pages 365-396 in J. G. Torrey and D.T. Clarkson, eds., The development and function of roots. Academic Press, Inc., New York.

**Steelink, C.** 1985. Implications of Elemental Characteristics of Humic Substances. In Humic Substances in Soil, Sediment and Water. G. P. Aiken, D. MccCarthy, (Eds). John Wiley, New York. 457-476.

**Steiner, A.A.** 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands

**Stevenson, F. J.** 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. J. Wiley and Sons, Segunda Edicion. New York, NY.

**Villela J. D.** 1993. El cultivo del tomate. PDA (MAGA-AID). Guatemala. 143 p.

**Zar J.H.** 1996. Bioestatistical Analysis. 3th Ed. Prentice –Hall. Inc. Upper Saddle River, Jew Jersey.

**Zavaleta M.** 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, año/vol. 17, numero 003. Chapingo, México. pp 201-207.

**Weaver, R.** 1987. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas, Mexico, p. 143-163.