

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Rendimiento de Tomate con un Manejo Innovador de Raíz en el Sistema Hidropónico NFT Modificado

Por:

ISAÍ GARCÍA CAMPOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Rendimiento de Tomate con Manejo Innovador de Raíz en el Sistema
Hidropónico NFT Modificado

Por:


ISAÍ GARCÍA CAMPOS

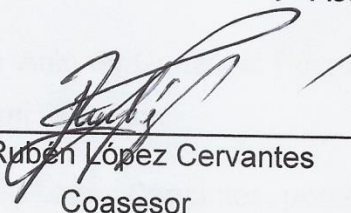
TESIS

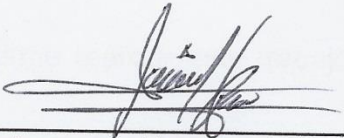
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

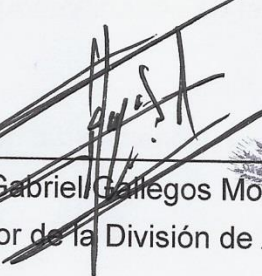
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


Dr. Rubén López Cervantes
Coasesor


Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2016

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios y a su hijo Jesucristo por permitirme la vida y el entendimiento para poder concluir mis estudios, por la doctrina en la que mis padres creyeron y me condujeron desde mi niñez.

Al Apóstol de Jesucristo **NAASÓN JOAQUÍN GARCÍA**, director internacional de la iglesia “La Luz del Mundo”, en la cual fui instruido desde mi nacimiento para ser una persona de bien.

A mis padres:

Victorino García Pacheco.

Teresa Campos Cruz.

Por creer en mí en que algún día podría superarme académicamente, por sus palabras de sabiduría y ánimo para no rendirme ante los retos de la vida que aunque no fue fácil pero lo logre gracias a DIOS y a mis padres, a quienes amo por ser mi ejemplo.

A mi “Alma Terra Mater” por ser parte de mi enseñanza en donde adquirí el conocimiento de esta grande Universidad.

Dr. José Antonio González Fuentes, por permitirme realizar este trabajo para obtener mi titulación.

Dr. Rubén López Cervantes, por ayudarme en las correcciones de mi tesis para lograr el objetivo.

Dr. Armando Hernández, por su paciencia y conocimiento para terminar el análisis de este trabajo.

A todos mis profesores del Departamento de horticultura

José Antonio González, Leobardo Bañuelos, Fabiola Aureoles, Inocente Mata, Víctor Reyes, Marcelino Cabrera, Rosalinda Mendoza, Gerardo Rodríguez, Silvia Cuellar; por impartirme de sus conocimiento y experiencias, muchas gracias.

A las laboratoristas, Martina de la Cruz Casillas y María Guadalupe Pérez Ovalle, por apoyarme prestándome los materiales del laboratorio a pesar de estar ocupadas.

A todos mis compañeros de la generación

Gracias por ser parte de esta bonita experiencia, nueve semestres que nunca se olvidaran aunque pases los años quienes siempre tendrán un amigo en mí esperando que todos cumplan el mismo objetivo que tenemos al iniciar nuestra carrera.

DEDICATORIA

Al Apóstol de Jesucristo **NAASÓN JOAQUÍN GARCÍA**, director internacional de la iglesia “La Luz del Mundo”, en la cual fui instruido desde mi nacimiento para ser una persona de bien, el cual hoy en día se preocupa por la superación de los jóvenes en su ámbito profesional.

A mis padres:

Victorino García Pacheco.

Teresa Campos Cruz.

Por creer en mí en que algún día podría superarme académicamente, por sus palabras de sabiduría y ánimo para no rendirme ante los retos de la vida que aunque no fue fácil pero lo logre gracias a DIOS y a mis padres, a quienes amo por ser mi ejemplo.

A mis abuelos:

Hipólito García Camarillo.

Glafira Pacheco Salas.

Con quien desearía celebrar mi triunfo aunque ya no están siguen siendo un gran ejemplo para mí y jamás podre agradecer su amor y cariño que me dieron.

Roberto Campos Flores.

Juana Cruz González.

Mis abuelos maternos quienes me dieron una mamá a quien nunca eh visto rendirse a fin de tener unos hijos profesionistas, les agradezco por estar conmigo en este acontecimiento tan importante para mí.

A mis hermanos:

Ing. Tania García Campos (UACH).

Ing. Rubén García Campos (BUAP).

Zuri Sadaí García Campos.

Por no dejarme solo, darme ánimos para seguir adelante y terminar mis estudios para ser la alegría de nuestros padres, gordo solo faltas tú...

A mis tíos:

Ana, Cesar, Geo, Hipólito, Roberto, Román.

Por ser los tíos de quienes siempre recibí palabras de ánimo para seguir adelante impartíendome sus conocimientos.

A mis primos:

Abimael, Hazael, Damaris, Gerardo, Heyéli, Itzel, Jennifer, Joab, Job, Juan, Merari, Nain, Sarahy, Zenón.

Por ser con quienes siempre pude pasar un buen rato de su compañía desde nuestra niñez.

A mis amigos:

Ana Ramales, Ángeles, Dalí, Jesús Daniel, Jet lee, Josué, Keila Narahí, Letty, Lily, Mario, Noelia, Rafa.

Gracias por su amistad son unas personas increíbles, algunos son nuevas amistades de los cuales nunca olvidare, me llevo un grato recuerdo de ustedes.

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar el rendimiento de tomate, cv. "Cid F1", con un método innovador de manejo de raíz, en el sistema hidropónico NFT modificado, se cultivaron plántulas colocándolas en la parte superior de recipientes de plástico de 50 litros, colocados de forma horizontal, que fue cubierto con una malla para el soporte de la raíz. Posteriormente la raíz de este órgano vegetal, fue cubierta con polietileno de color negro y se aplicó una solución nutritiva completa, por medio de un sistema de riego de espagueti con tres aspersores por contenedor. Los tratamientos consistieron en cortar al tallo con raíz 10, 15 y 20 cm y como control fueron plantas colocadas en macetas con la mezcla de "peat moss" y "perlita" (relación 1:1 v/v) como sustrato y sin cortar tallo con raíz. Se encontró que en todas las variables medidas a la planta, en el peso por racimo (PR), el número de frutos (NF), peso por racimo en agrupamiento (PRA) y peso por fruto en agrupamiento (PFA) en las tres longitudes de corte de tallo con raíz promovieron un efecto positivo a estas variables; mientras que en el diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar en agrupamiento (DPA), lo efectuó el corte de tallo con raíz a 10 cm y en el rendimiento por planta (RP) a los 15 cm. Se encontró que: cuando se corta el tallo con raíz en las tres diferentes longitudes, se presenta un superior efecto en las variables medidas a la planta.

PALABRAS CLAVE: Tomate, Hidroponía, NFT, Raíz.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Crecimiento de Tallo por Semana (CTS)	22
4.2	Longitud de Tallo (LT)	24
4.3	Longitud de Hojas (LH)	25
4.4	Diámetro de Tallo Apical (DTA).....	27
4.5	Longitud de Entrenudos (LE)	28
4.6	Número de Hojas (NH).....	29
4.7	Diámetro de Fruto (DF)	30
4.8	Peso por Racimo (PR)	32
4.9	Rendimiento por Planta (RP)	33
4.10	Numero de Frutos por Tratamiento (NFT).....	34
4.11	Peso por Racimo en Agrupamientos (PRA)	35
4.12	Diámetro Polar en Agrupamientos (DPA).....	37
4.13	Peso por Fruto en Agrupamientos (PFA)	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Macro elementos descripción de la solución nutritiva Steiner para el riego del tomate con el método NFT modificado.....	15
2.2	Micro elementos adicionados a la solución nutritiva Steiner para el cultivo de tomate con el método NFT modificado.	16

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vi
I. INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
General.....	10
Específico	10
HIPOTESIS	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
Origen e Historia.....	11
Producción mundial y nacional	11
Importancia mundial y nacional	12
Clasificación taxonómica	13
Descripción morfológica.	13
Importancia de la agricultura protegida e hidroponía.....	14
Ventajas del cultivo en hidroponía.	16
Desventajas de la Hidroponía	17
Hormona de crecimiento en las plantas.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
Localización del Experimento	20
Metodología.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Crecimiento de Tallo por Semana (CTS)	22
Longitud de Tallo (LT)	24
Longitud de Hojas (LH)	25
Diámetro de Tallo Apical (DTA).....	27
Longitud de Entrenudos (LE)	28
Número de Hojas (NH).....	29

Diámetro de Fruto (DF)	30
Peso por Racimo (PR)	32
Rendimiento por Planta (RP)	33
Numero de Frutos por Tratamiento (NFT).....	34
Peso por Racimo en Agrupamientos (PRA)	35
Diámetro Polar en Agrupamientos (DPA).....	37
Peso por Fruto en Agrupamientos (PFA).....	38
V. CONCLUSIÓN.....	39
VI. LITERATURA CITADA.....	40

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de tomate ocupa más de 4, 803,680 hectáreas (has) y se obtiene una producción de 161, 000, 079 toneladas. China, es el mayor productor a nivel mundial con 50.13 millones de kilos, en segundo lugar, India con 17.50 millones de kilos y en tercer lugar, Estados Unidos de América con 13.21 millones de kilos; lo anterior representa el 23.75, 8.29 y 6.26 por ciento, respectivamente (Organización Americana de Alimentación, FAO, 2014).

En México, hay cerca de 25,000 has bajo agricultura protegida, de las cuales aproximadamente 12,000 son de invernadero y el resto con malla sombra y macro túnel, entre otras estructuras de acuerdo con la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. (AMHPAC, 2013). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2013).

Pero, a pesar de las situaciones mencionadas, se presenta monocultivo y sobreexplotación y han surgido una diversidad de problemas, entre los que se pueden citar: nematodos en el suelo, por lo que se ha optado por utilizar sustratos tanto orgánicos como inorgánicos. Al tomar en cuenta la calidad de producción para satisfacer el mercado, esta hortaliza se ha cultivado por décadas normalmente en suelos con rendimientos favorables; pero, después de algunos ciclos de siembra, el suelo se degrada y es por ello que se deben buscar nuevas alternativas de producción: una de ellas es la hidroponía, también denominada como cultivo sin suelo, donde se considera que se deben aportar absolutamente todos los nutrientes esenciales que necesita la planta para su crecimiento y desarrollo. Uno de los problemas que tiene este sistema, es el costo inicial de la producción.

El cultivo de tomate, en hidroponía, es muy utilizado; sin embargo, en los cultivos hidropónicos comunes se usan normalmente plantas de hábito de crecimiento indeterminado, las que en etapas adultas alcanzan longitudes de tallo de hasta ocho metros o más. Lo anterior implica que la zona de producción la que se localiza en los últimos dos metros, tengan que transportar agua y nutrientes en grandes longitudes, lo que conlleva a una pérdida de calidad del fruto producido, porque el tallo tiene más de cinco metros de longitud.

Por lo anterior comentado, en este trabajo, se plantea realizar una modificación al sistema hidropónico NFT, con el manejo de corte en tallo con raíz y tener tallos cortos, para que los nutrimentos no recorran largas distancias y así, la planta conserve su vigor y el fruto conserve su calidad en todo el ciclo de cultivo; además, para incrementar la calidad y rendimiento del cultivo, se proporcionaron los nutrientes más cerca a la raíz.

OBJETIVOS

General

Determinar el rendimiento de tomate, cv. "Cid F1", con manejo de raíz, en el sistema hidropónico NFT modificado.

Específico

Establecer el efecto de diversas longitudes de raíz, sobre la longitud del tallo y la producción de tomate, cv. "Cid F1".

HIPOTESIS

Con al menos una longitud de raíz, se mantiene baja la longitud del tallo y se aumenta la producción de tomate, cv. "Cid F1".

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es una planta originaria de las regiones tropicales de América latina cuyo centro de origen se localiza en la región de los andes integrado por los países de Chile, Ecuador, Colombia, Bolivia (Vavilov, 1951), en donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipo silvestre. Las investigaciones realizadas hasta el 2007 colocan a México como el centro más importante de domesticación, que es iniciada por la cultura indígena que habitaban en la parte central y sur de México, antes de la llegada de los Españoles (Arosamenta, 1980). Por su parte, Flores (1980) coincide con el origen que asignan muchos investigadores, sin embargo, algunos creen que este centro no es idéntico con el punto de diversificación de las formas cultivadas y se opina que el área entre Puebla y Veracruz es un centro de diversificación varietal que ha dado origen a formas cultivadas, según cuya hipótesis el tomate no es autóctono de México, si no que fue introducido a este país en tiempos antiguos. Posteriormente los españoles lo llevaron a Europa a mediados del siglo XVI donde fue aceptado y empleados para la gastronomía europea de ahí fue introducida a Italia en el siglo XVII en el año 1560 y fue donde se realizaron los primeros trabajos de mejoramiento (Villareal, 1982).

Producción mundial y nacional

En el 2013 el volumen total de tomate producido a nivel mundial fue 163, 963,770 millones de kilos. Siendo India, China y Estados Unidos los que dominan en la producción a nivel mundial (FAOSTAT, 2013) y México se encuentra ubicado en la décima posición con una producción igual a 3, 282,583 toneladas. Los principales estados productores de esta especie hortícola son; Sinaloa, Baja California, Jalisco y San Luis Potosí (SIAP, 2014).

Importancia mundial y nacional

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) por su alto valor nutritivo y económico es una de las hortalizas más importantes en el mundo, el cual su incremento anual en producción se relaciona a la generación de nuevas variedades, uso de técnicas más eficientes de su producción, uso de agricultura protegida, el aumento de la superficie cultivada (Sory-Toure et al., 2010) y el nivel de tecnología empleado para su producción. En México la producción de tomate se ha incrementado alrededor del ~70% pasando de 23 toneladas por hectárea en 1990 a 39 toneladas por hectárea promedio en 2010 (FAS México, 2010). En México actualmente existen alrededor de 25,000 has bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12,000 son de invernadero y las otras 8,000 corresponden a malla sombra y macro túnel entre otras estructuras (AMHPAC, 2013). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%) (SAGARPA, 2013). El tomate es un cultivo de alto valor comercial y tiene una enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en forma variada, además de sus excelentes cualidades organolépticas y por su alto valor nutricional y contenido de licopeno y ácido ascórbico, (Broadley et al., 2006).

Clasificación taxonómica

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas; la taxonomía generalmente aceptada es (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995; Peralta *et al* 2005 y 2007).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicum</i>

Descripción morfológica.

Es una planta herbácea anual o perenne, autógama, de porte erecto y hasta más de 1,5 m de altura, vellosa. Hojas compuestas imparipinnadas, de 15-45 cm de longitud. Foliolos 5-9 por hoja, ovados u oblongos, de 5-7 cm de longitud, con el borde dentado o lobulado, el ápice agudo y la base oblicua. Flores con pedicelos de 9-12 mm encima racemiformes simples. Cáliz profundamente 5-lobulado. Corola amarilla y de más de 2,5 cm de diámetro. Baya roja, rosada o amarillenta, oblonga, globosa o piriforme, de más de 5 cm de diámetro. Semillas numerosas, aplanadas y amarillentas (Jaramillo, 2007). (Rodríguez et al., 2001). El tallo tiene un porte erguido y cilíndrico, en plantas jóvenes presenta una velloso perfectamente visible. (Anderlini, 1976). Las hojas son compuestas e imparipinnadas, se constituyen de siete a nueve foliolos lobulados. Son grandes, compuestas y de color verde. (León y

Arosamenta, 1980). La flor se produce en forma de racimos dispuestos en diferentes pisos. El cáliz y la corola están formados por 5 pétalos y sépalos respectivamente; las anteras contienen el polen. En cada inflorescencia suele haber entre 3 y 10 flores. Son de polinización autogama. (Valadez, 1994). El fruto es una baya carnosa de color rojo en la maduración habitualmente. Estas bayas pueden ser lisas o acostilladas, según las variedades. El tamaño de los frutos también es variable, desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm. (Jaramillo, 2007). Las semillas son de forma lenticular con dimensiones promedio de 5x4x2 milímetros y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. Anderlini (1976), menciona que el sistema radical es modificado por las prácticas de cultivo, cuando es directa; la raíz es pivotante y puede alcanzar una profundidad de 70 cm creciendo hasta dos o tres cm por día. Simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Por su parte, Serrano (1978) reporta que la raíz principal, en plantas procedentes de trasplante, es corta y débil; en cambio, el sistema radicular secundario es muy ramificado y potente. Cuando se protege el suelo con alguno de los sistemas utilizados (acolchado, empajado, enarenado), el sistema radicular se extiende superficialmente en forma de retícula.

Importancia de la agricultura protegida e hidroponía

Los beneficios que ofrece la agricultura protegida con altos rendimientos y calidad, mayores niveles de sanidad e inocuidad de los productos, seguridad en la producción con cierta independencia del clima, acceso a mejores mercados y potencial de alta rentabilidad económica, esto permite un crecimiento en México la producción de las hortalizas bajo estas condiciones. Actualmente están bajo cubierta 20,000 ha, de las cuales 12,000 son de invernaderos y 8000 de estructuras denominadas casa-sombra (AMHPAC, 2013; Ponce, 2013). En estas condiciones la hidroponía le gana más terreno a la producción en suelo debido a que se logra mayor eficiencia y control del riego y la nutrición mineral, ausencia inicial de plagas, enfermedades y malezas, facilidad de esterilización de los sustratos, posibilidad de usar aguas duras o con

mayor salinidad, mayor rendimiento y calidad, y más sanidad e inocuidad, entre otras (Cánovas y Magán, 2003; Alarcón, 2006; Raviv y Lieth, 2008).

Cuando la solución drenada no se reutiliza y se permite la infiltración en el sitio o se conduce fuera del invernadero, al sistema hidropónico se le conoce como abierto; por el contrario, si se recoge para volverse a usar en el cultivo, previa esterilización y ajuste de pH, CE y concentración de nutrientes, se le llama sistema cerrado (Alarcón, 2006). Debido al encarecimiento de los fertilizantes (Huang, 2009) y al impacto negativo en el ambiente (Giuffrida y Leonardi, 2009; Nakano *et al.*, 2010; Massa *et al.*, 2010), la hidroponía permite buscar sistemas más eficientes. Por ello los sistemas hidropónicos abiertos empiezan a ser sustituidos por los cerrados (Alarcón, 2006). Éstos últimos presentan ventajas importantes respecto a los primeros: ahorro de agua y fertilizantes, y menor impacto ambiental al evitar que grandes cantidades de minerales contaminen ríos, lagos, mantos freáticos y mares (Giuffrida y Leonardi, 2009; Pardossi *et al.*, 2009; Nakano *et al.*, 2010; Massa *et al.*, 2010).

Macro elementos en Meq/L					CE 1.5 ds/m	pH 5.8-6				
Aniones					Cationes					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Solución Nutritiva	9.0	1.0	5.36	-	-	0.5	4.64	6.5	3	-

Cuadro 1. Descripción de la solución nutritiva Steiner para el riego del tomate con el método NFT modificado.

Micro elementos en ppm					
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
3	0.5	0.025	0.136	0.262	0.054

Cuadro 2. Micro elementos adicionados a la solución nutritiva Steiner para el cultivo de tomate con el método NFT modificado.

Ventajas del cultivo en hidroponía.

Ventajas del cultivo sin suelo frente al tradicional en suelo arable RESH, (2002).

- ❖ Balance ideal de aire, agua y nutrientes.
- ❖ Humedad uniforme.
- ❖ Excelente drenaje.
- ❖ Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento.
- ❖ Perfecto control del pH.
- ❖ Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta.
- ❖ Posibilidad de varias cosechas al año.
- ❖ Gran ahorro en el consumo de agua.
- ❖ Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales.
- ❖ Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión.
- ❖ Casi no hay gasto en maquinaria agrícola ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes.

Desventajas de la Hidroponía

Desventajas del cultivo arable frente al cultivo sin suelo RESH, (2001).

- ❖ En el ámbito comercial el gasto inicial es alto.
- ❖ Se requiere cuidado con los detalles.
- ❖ Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.
- ❖ El sistema depende de vigilancia continua.
- ❖ Proporcionar todos los macro y micronutrientes en el riego.
- ❖ Requiere de un abastecimiento continuo de agua.
- ❖ No existe una difusión amplia de lo que es la hidroponía.

Hormona de crecimiento en las plantas

Las auxinas se encuentran en todos los tejidos de la planta, una mayor concentración ocurre en las regiones que están en crecimiento activo. La síntesis de IAA ocurre principalmente en meristemos apicales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo (Jordán y Casaretto, 2006).

. Aunque prácticamente todos los tejidos vegetales parecen ser capaces de producir bajos niveles de IAA, los meristemos apicales de los tallos, las hojas jóvenes, los frutos en desarrollo y las semillas, son los lugares principales de la síntesis de IAA en las plantas. Recientemente se ha demostrado que la auxina es producida por un grupo de células localizadas en los sitios donde se desarrollan los hidatodos. Los ejes principales de tallos y raíces, junto con sus ramificaciones, muestran una polaridad estructural ápice-base que tienen su origen en la polaridad del transporte de auxinas.

Se descubrió que el IAA se mueve principalmente desde el ápice a la base (basipetalamente) Taíz y Zainer, (2006). Esto nos indica que al realizar los cortes de

raíz en los tratamientos a diferentes longitudes, la planta sufría un estrés por el cual mandaba auxinas a la raíz por medio del floema (XILEMA), las cuales generaban nuevas raíces para mantener la absorción de los nutrientes demandados por la planta. El gradiente longitudinal de auxinas desde el tallo a la raíz afecta varios procesos del desarrollo, como son la elongación del tallo, la dominancia apical, la reparación de heridas y la senescencia de las hojas. El floema parece representar la principal ruta del transporte de auxinas a largas distancias hacia la raíz. Las raíces necesitan un mínimo de concentración de auxinas para crecer, Taíz y Zainer, (2006).

La longitud de tallo puede ser atribuido al efecto que tienen las auxinas en la activación de las giberelinas (GA_s) en las plantas, ya que su principal efecto es inducir crecimiento en altura, en muchos casos atribuibles a GA_1 endógena (Hedden y Kamiya, 1997). La auxina, puede inhibir la degradación de GA_1 a GA_8 (inactiva), de manera de poder mantener la acción de GA_1 estimulando respuestas de crecimiento continuo (Thomas *et al.* 1999).

De acuerdo con Jordán y Casaretto, (2006) mencionan que la síntesis de GAs ocurre en varios lugares, sin considerar la situación. En plántulas, la síntesis y presencia de altos contenidos de estas hormonas se detecta en hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos, y en menor medida en raíces. De acuerdo con Castellanos (2009), en el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Taíz y Zainer, (2006) encontraron que el gradiente longitudinal de auxinas desde el tallo a la raíz afecta varios procesos del desarrollo, considerando que se tuvo un movimiento continuo del ápice a las raíces pudo afectar la longitud de los entrenudos.

Datos de García-Matínez y Hedden (1997), los factores que contribuyen significativamente al incremento en volumen de los frutos se encuentran los reguladores de crecimiento como las giberelinas, responsables de la expansión celular. De igual forma, Kojima (2005), encontró altas concentraciones de ácido

giberélico en todos los constituyentes de los frutos de tomate durante la fase de expansión celular (frutos de 6 cm de diámetro), pero la concentración de GA1 fue menor cuando los frutos alcanzaban 8 cm de diámetro.

Otros parámetros relacionados con el tamaño de tomate son: el número de lóculos, la posición del fruto en el racimo (entre más cercano al tallo es mayor el tamaño), el número de frutos por racimo (a menor número de frutos, mayor será el tamaño del fruto), la etapa de desarrollo de la planta (frutos más grandes en las etapas iniciales). La posición del racimo en la planta es la clave para el tamaño de fruto (los primeros racimos tendrán frutos más grandes).

De acuerdo con Ponce (1995) mencionó que la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta. Los frutos son los principales órganos sumideros y compiten entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles Peil y Galvez, (2005). Cuando el balance fuente/destino se modifica, como en el caso de una defoliación o de una poda de frutos, la filotaxis deja de ser un factor importante en la regulación de la partición de materia seca; por lo tanto, los frutos reciben asimilados de todas las hojas, independientemente de su localización o distancia.

De acuerdo con Mueller y Wamser, (2009), con un mayor número de racimos por planta el tamaño de los frutos tiende a ser menor, por el aumento de la competencia entre los frutos por los recursos de la planta; además, con más racimos por planta el tallo presenta mayor longitud y aumenta la demanda de asimilados para su crecimiento, lo cual genera competencia con los frutos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El trabajo, se realizó en un invernadero del área experimental del Departamento de Horticultura, del Campus principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la Ex - Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México a los 25°22' de Latitud Norte, a los 101° 00" de Longitud Oeste y a la altitud de 1743 m.s.n.m.

Metodología

En charolas de poliestireno de 200 cavidades y empleando como sustrato "peat-moss", el 19 de Agosto del 2014, se sembraron semillas de tomate de la variedad "Cid F1", con habito de crecimiento indeterminado; la plántula se irrigó con una solución nutritiva completa (Cuadro 1), con base en los Índices de Steiner y después de 35 días, se trasplantó en el sistema hidropónico NFT, con la variación siguiente: en la parte externa de recipientes cilíndricos de plástico de 50 litros colocados horizontalmente, fue colocada una malla de plástico para sostén y sobre ella la planta, posteriormente se cubrió con un plástico de color negro, con el fin de evitar la luz directa del sol sobre la raíz.

En la parte baja de cada recipiente, se colocó una bandeja de plástico de 100 litros con la solución nutritiva y esta fue recirculada con una bomba eléctrica sumergible. Para controlar el pH a 5.8 - 6.5, la conductividad eléctrica (CE) a 1.8 - 2.2, fueron empleados medidores portátiles (Marca LAQUA Twin). En cada recipiente fueron colocadas cuatro plantas, las 16 más robustas fueron las seleccionadas. Después de 75 días del trasplante, se cosecharon los frutos del primer racimo y se les midió: con un vernier el diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE); peso por racimo (PR); rendimiento por planta (RP), numero de frutos (NF); peso por racimo en agrupamiento (PRA); diámetro polar en agrupamiento (DPA) y peso de fruto en agrupamiento (PFA).

Una vez realizado lo anterior, las hojas fueron podadas hasta el segundo racimo y después de la cosecha de este se podó nuevamente y el tallo se enrolló en el recipiente y después de 50 días, al tallo con raíz le fueron cortados 10, 15 y 20 cm. Esta situación fueron los tratamientos del manejo del tallo con raíz y como testigo, plantas colocadas en macetas de plástico de 15 K, que contenían 10 K de un sustrato de la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v). Después de 60 días, se repitió la misma operación; es decir, se cosechó el fruto, se cortó el tallo con raíz y se enrolló el tallo en el recipiente.

Las variables medidas a la planta fueron: crecimiento por semana (CS) y longitud de tallo (LT); longitud de entrenudos (LE); longitud de hojas (LH) y número de hoja (NH) y diámetro de tallo apical (DTA). Al fruto las ya mencionadas. Con una balanza analítica de la marca Scout-Pro con capacidad de 300gr se tomaron los datos de los frutos individualmente y todos los datos obtenidos se subían a la base de datos en la computadora donde se calculaba el crecimiento de las plantas ya sea total o por semana y el peso de los frutos de igual forma para tener un mejor control y evitar cálculos erróneos.

El experimento, se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar, donde se presentaron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. A los datos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias con base en Tukey ($p \leq 0.05$), para esto se empleó el Paquete para computador Statistical Analysis System, versión 9.0 (S.A.S., 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de Tallo por Semana (CTS)

En esta variable, los tratamientos provocaron un efecto significativo. En los tres tratamientos a las que se cortó la raíz con tallo, crecieron un 37% más, con relación a las plantas testigo (Figura 1). De acuerdo con Taíz y Zainer, (2006) las auxinas son compuestos con actividades biológicas similares a la del ácido indolacético (IAA), como la capacidad de promover la elongación celular en el coleoptilo y las secciones del tallo, la división celular en cultivos de callos en presencia de cito-quininas, las raíces adventicias en hojas y en tallos cortados y otros fenómenos del desarrollo relacionados con la acción del IAA. Aunque prácticamente todos los tejidos vegetales parecen ser capaces de producir bajos niveles de IAA, los meristemos apicales de los tallos, las hojas jóvenes, los frutos en desarrollo y las semillas, son los lugares principales de la síntesis de IAA en las plantas. Recientemente se ha demostrado que la auxina es producida por un grupo de células localizadas en los sitios donde se desarrollan los hidatodos. Los ejes principales de tallos y raíces, junto con sus ramificaciones, muestran una polaridad estructural ápice-base que tienen su origen en la polaridad del transporte de auxinas.

Se descubrió que el IAA se mueve principalmente desde el ápice a la base (basipetalamente) Taíz y Zainer, (2006). Esto nos indica que al realizar los cortes de raíz en los tratamientos a diferentes longitudes, la planta sufría un estrés por el cual mandaba auxinas a la raíz por medio del floema (XILEMA), las cuales generaban nuevas raíces para mantener la absorción de los nutrientes demandados por la planta. El gradiente longitudinal de auxinas desde el tallo a la raíz afecta varios procesos del desarrollo, como son la elongación del tallo, la dominancia apical, la reparación de heridas y la senescencia de las hojas. El floema parece representar la

principal ruta del transporte de auxinas a largas distancias hacia la raíz. Las raíces necesitan un mínimo de concentración de auxinas para crecer, Taíz y Zainer, (2006).

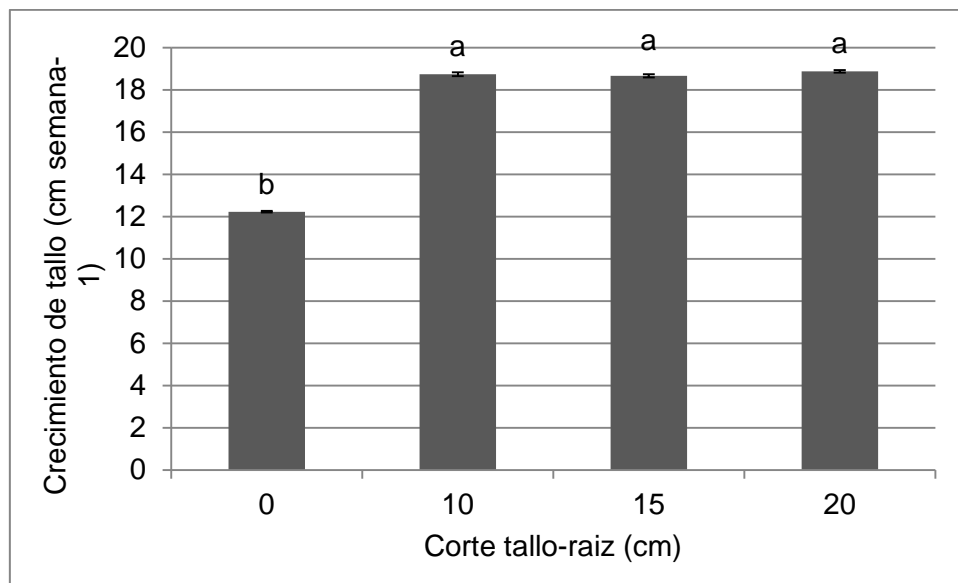


Figura 1. Efecto del corte de raíz en el crecimiento semanal de plantas de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Longitud de Tallo (LT)

El efecto del crecimiento total en los tallos (Figura 2), fue mayor en un 31.8% en aquellas plantas a las que se le corto raíz; esto, puede ser atribuido al efecto que tienen las auxinas en la activación de las giberelinas (GA_5) en las plantas, ya que su principal efecto es inducir crecimiento en altura, en muchos casos atribuibles a GA_1 endógena (Hedden y Kamiya, 1997). La auxina, puede inhibir la degradación de GA_1 a GA_8 (inactiva), de manera de poder mantener la acción de GA_1 estimulando respuestas de crecimiento continuo (Thomas *et al.* 1999).

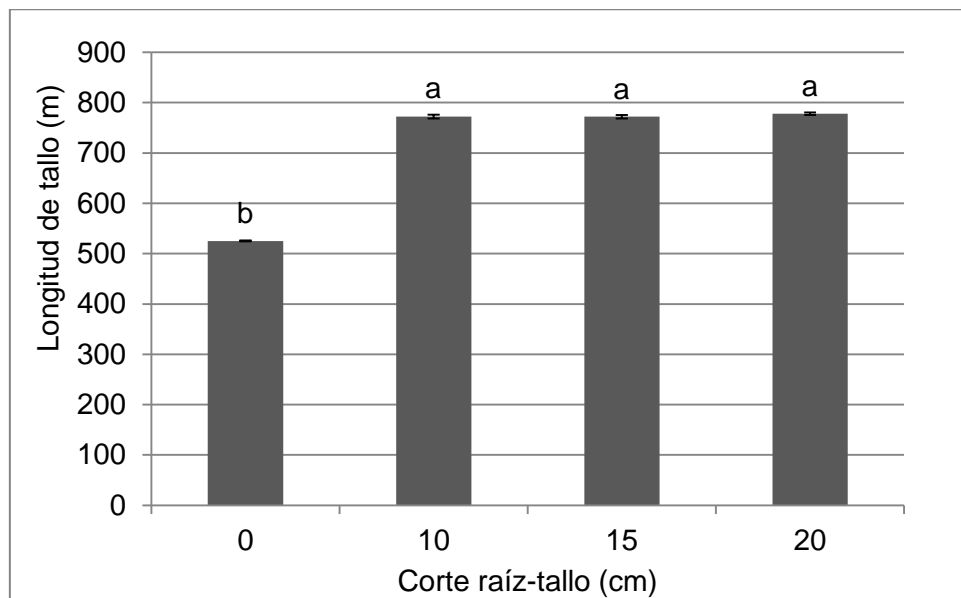


Figura 2. Efecto del corte de raíz y tallo en la longitud del tallo de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Longitud de Hojas (LH)

La síntesis de GA₅ ocurre en varios órganos vegetales, como son hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos; en menor medida en raíces. Esto se justifica con la comparación de crecimiento de hojas (Figura 3), entre testigos y los diferentes cortes de raíz; se tienen hojas, entrenudos y frutos más grandes, lo que nos dice que las plantas estuvieron en continuo crecimiento por mayor tiempo sintetizando más GA₅ que inducen a un mayor crecimiento en las plantas, Jordán y Casaretto (2006)

La longitud de hoja, (Figura 3) a lo largo del experimento resulto ser mayor en aquellas plantas en las que se les cortó raíz, independientemente de la longitud cortada de raíz. Esto se puede deber a la producción de más auxinas y giberelinas ya que se tenían tallos más jóvenes y cortos al mismo tiempo se generaban raíces nuevas al ir cortando raíz y tallo viejo.

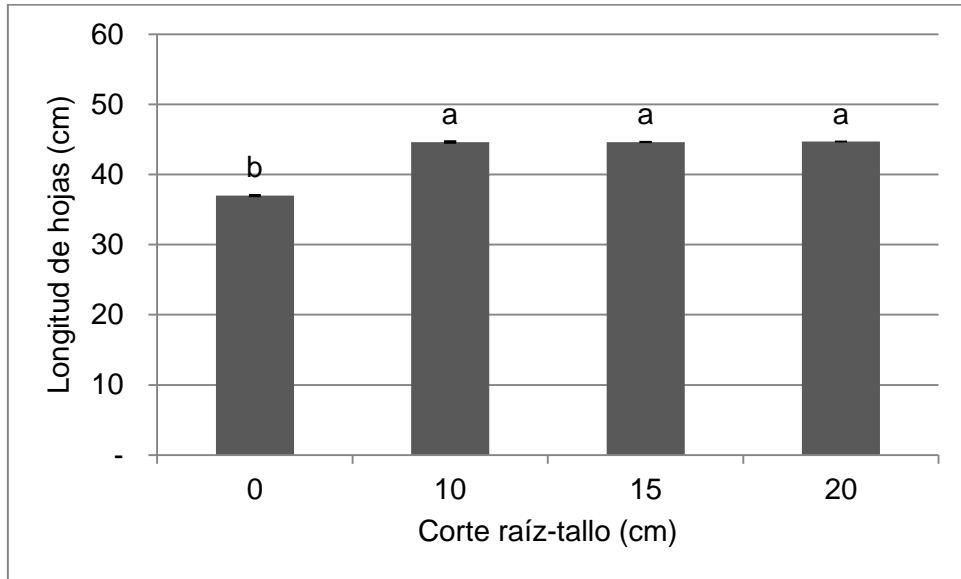


Figura 3. Efecto del corte de raíz en la longitud de las hojas de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Diámetro de Tallo Apical (DTA)

Se obtuvo un mayor diámetro en aquellas plantas donde se mantuvieron tallos cortos (Figura 4). De acuerdo con Jordán y Casaretto, (2006) mencionan que la síntesis de GAs ocurre en varios lugares, sin considerar la situación. En plántulas, la síntesis y presencia de altos contenidos de estas hormonas se detecta en hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos, y en menor medida en raíces. De acuerdo con Castellanos (2009), en el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

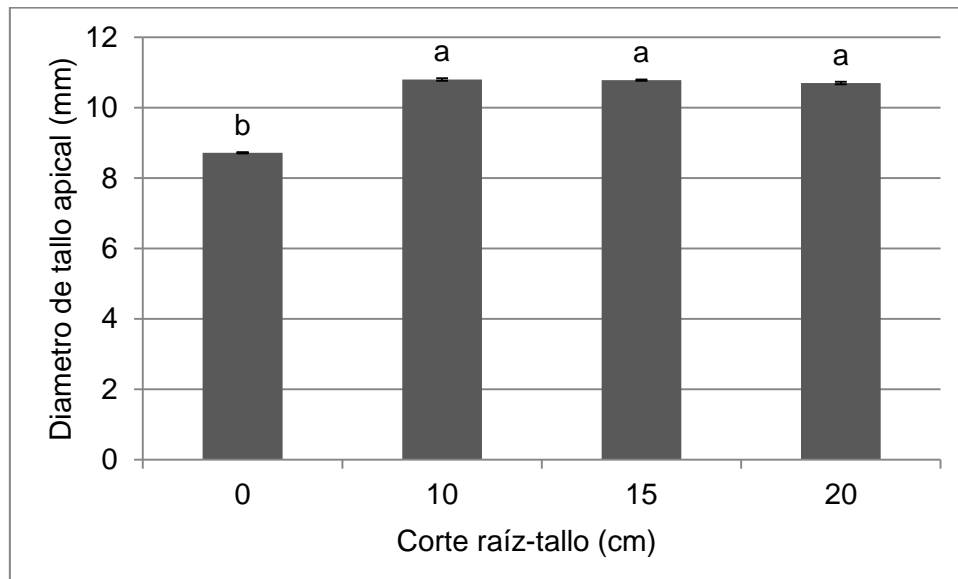


Figura 4. Efecto de los cortes de raíz en el diámetro del tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Longitud de Entrenudos (LE)

Debido al continuo crecimiento de los tallos la LE tuvo un efecto de mayor alargamiento en el tratamiento cuatro que muestra diferencia significativa con el testigo, puede ser por la producción continua de auxinas al estar cortando sus tallos con raíz considerando que fue el tratamiento al que se le corto mayor longitud de raíz (Figura 5), los testigos mostraron un crecimiento normal de acuerdo a la genética de la variedad del tomate. Taíz y Zainer, (2006) encontraron que el gradiente longitudinal de auxinas desde el tallo a la raíz afecta varios procesos del desarrollo, considerando que se tuvo un movimiento continuo del ápice a las raíces pudo afectar la longitud de los entrenudos. Castellanos (2009) dice que si las condiciones son sombrías, los entrenudos son largos y el tallo puede alcanzar más longitud.

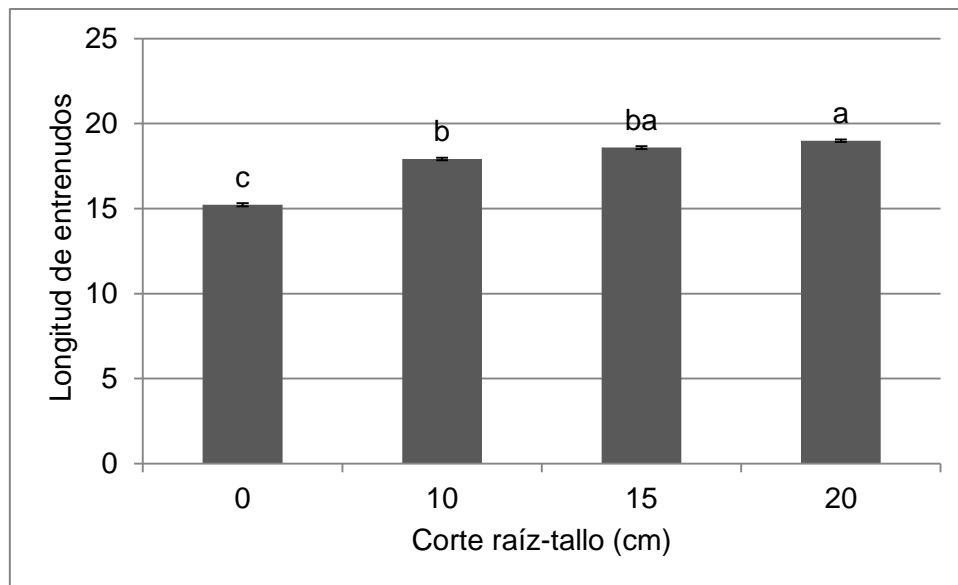


Figura 5. Efecto del corte de raíz en la longitud de entrenudos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Número de Hojas (NH)

El NH (Figura 6), no mostro diferencia significativa, esto se puede deber a la variedad y genética del cultivo, independientemente de la longitud de los tallos o de las hojas, esta variable no se ve afectada por ninguno de los tratamientos analizados. Las hojas son las responsables de la fotosíntesis por lo que deben tener una buena disposición para una mayor captación de la radiación, Castellanos, (2009).

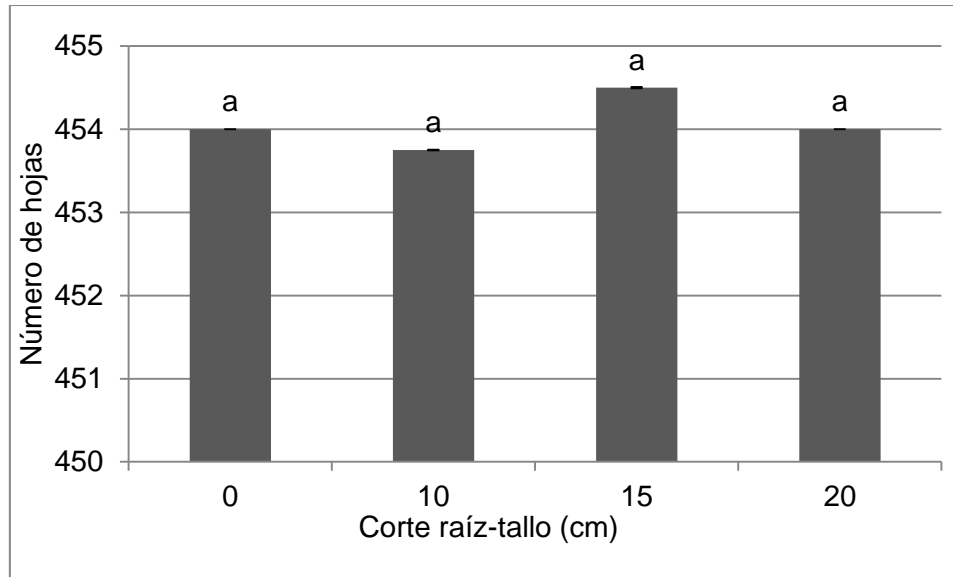


Figura 6. Efecto del corte de raíz en el número de hojas de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Diámetro de Fruto (DF)

En el incremento de DF tanto en DP y DE solo se pudo observar en comparación a los testigos (Figura 7) esto se le puede atribuir a las giberelinas según datos de García-Matínez y Hedden (1997), los factores que contribuyen significativamente al incremento en volumen de los frutos se encuentran los reguladores de crecimiento como las giberelinas, responsables de la expansión celular. De igual forma, Kojima (2005), encontró altas concentraciones de ácido giberélico en todos los constituyentes de los frutos de tomate durante la fase de expansión celular (frutos de 6 cm de diámetro), pero la concentración de GA1 fue menor cuando los frutos alcanzaban 8 cm de diámetro, lo que justifica la importancia de las giberelinas en la expansión celular en los frutos y, por consiguiente, en la ganancia en diámetro de los mismos.

Una baja luminosidad durante las dos semanas siguientes a la antesis de la primera flor de la inflorescencia, impide el crecimiento de los frutos, Castellanos (2009). Otros parámetros relacionados con el tamaño de tomate son: el número de lóculos, la posición del fruto en el racimo (entre más cercano al tallo es mayor el tamaño), el número de frutos por racimo (a menor número de frutos, mayor será el tamaño del fruto), la etapa de desarrollo de la planta (frutos más grandes en las etapas iniciales), la posición del racimo en la planta (los primeros racimos tendrán frutos más grandes) y la actividad fotosintética.

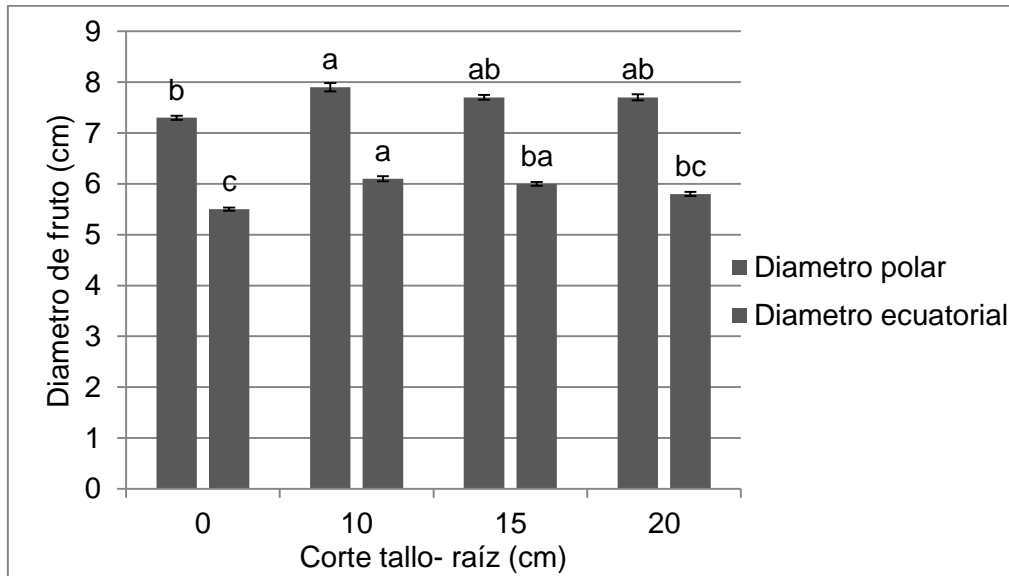


Figura 7. Efecto del corte de raíz en el diámetro polar y ecuatorial de los frutos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Peso por Racimo (PR)

El PS (Figura 9) fue calculado con un promedio general de cada tratamiento y su peso. Según Castellanos (2009). El fruto tiene dos o más lóculos, se desarrolla a partir de un ovario de cinco a diez miligramos y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500g, en función a la variedad y las condiciones de desarrollo. Otros parámetros relacionados con el tamaño de tomate son: el número de lóculos, la posición del fruto en el racimo (entre más cercano al tallo es mayor el tamaño), el número de frutos por racimo (a menor número de frutos, mayor será el tamaño del fruto), la etapa de desarrollo de la planta (frutos más grandes en las etapas iniciales). La posición del racimo en la planta es la clave para el tamaño de fruto (los primeros racimos tendrán frutos más grandes). Esto justifica lo obtenido ya que en las plantas que se cortó parte de su tallo con raíz tenían los racimos más cerca de la raíz a comparación con los testigos.

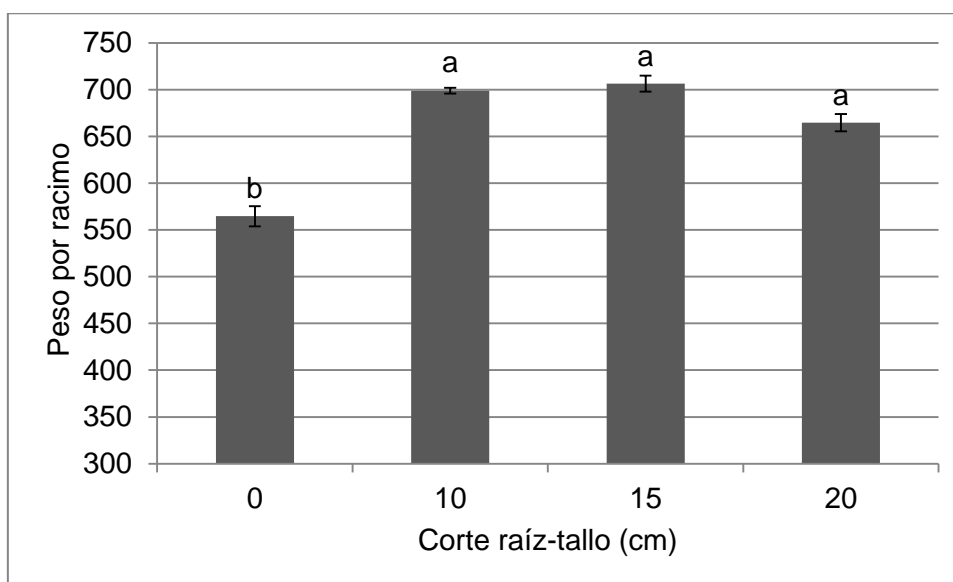


Figura 9. Efecto del corte de raíz en el rendimiento de peso por racimo de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Rendimiento por Planta (RP)

El RP fue mayor en las plantas donde se cortaban 15cm de su tallo con raíz. Castellanos (2009) encontró que otros parámetros relacionados con el tamaño de tomate son: la posición del fruto en el racimo (entre más cercano al tallo es mayor el tamaño), el número de frutos por racimo (a menor número de frutos, mayor será el tamaño del fruto), la etapa de desarrollo de la planta (frutos más grandes en las etapas iniciales), la posición del racimo en la planta (los primeros racimos tendrán frutos más grandes).

No se encontró algún trabajo con el que se pueda discutir por qué a esa longitud cortada de raíz se obtuvo mayor rendimiento por planta. Se obtuvo que hay un incremento en el rendimiento al eliminar tallos con raíz hasta 15cm, pero al cortar 20cm el rendimiento disminuye considerablemente esto puede ser porque al cortar más de su raíz las auxinas y otros nutrientes se concentran donde es mayor la demanda que es en la producción de nuevas raíces debido al estrés que fue sometida la planta.

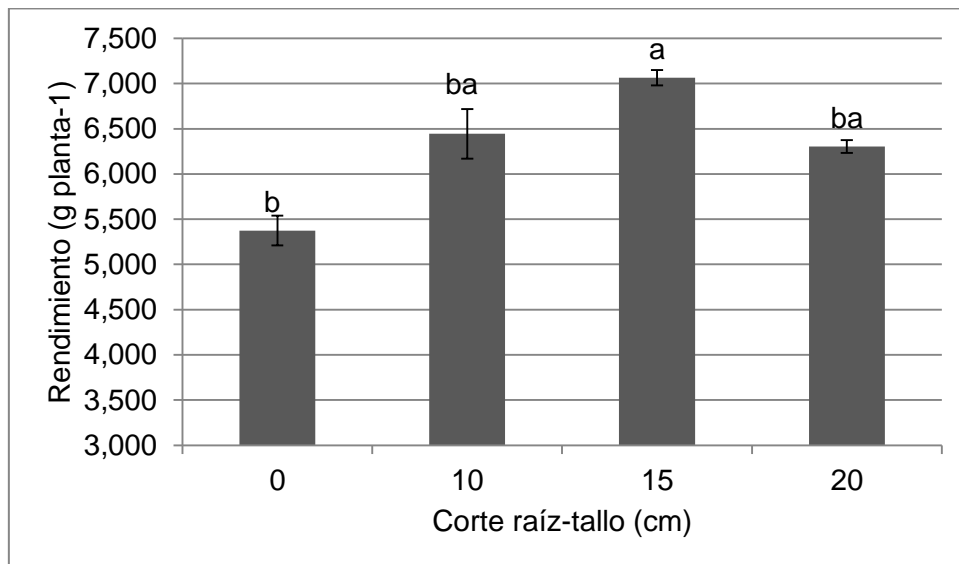


Figura 10. Efecto del corte de raíz en el rendimiento de gramos por tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Numero de Frutos por Tratamiento (NFT)

Se obtuvo una diferencia significativa entre los testigos y las plantas que fueron evaluadas con el corte de raíz a diferentes longitudes no descartando que en los testigos se perdieron tres racimos durante el invierno y los demás tratamientos conservaron sus frutos no se sabe si fue por el método donde se establecieron las plantas (Figura 11). El amarre de fruto es particularmente crítica en inviernos y durante largos periodos húmedos y nublados ya que el polen tiende a estar pegajoso y a agregarse. La ausencia del movimiento de la flor genera una mala polinización. Las temperaturas extremas, por encima de los 37.5 °C o por debajo de 5 °C, limitan la germinación de los granos de polen e inhiben el crecimiento del tubo polínico. El número de frutos por racimo está relacionado positivamente con la radiación solar, sobre todo, a partir de la antesis inicial, Castellanos (2009).

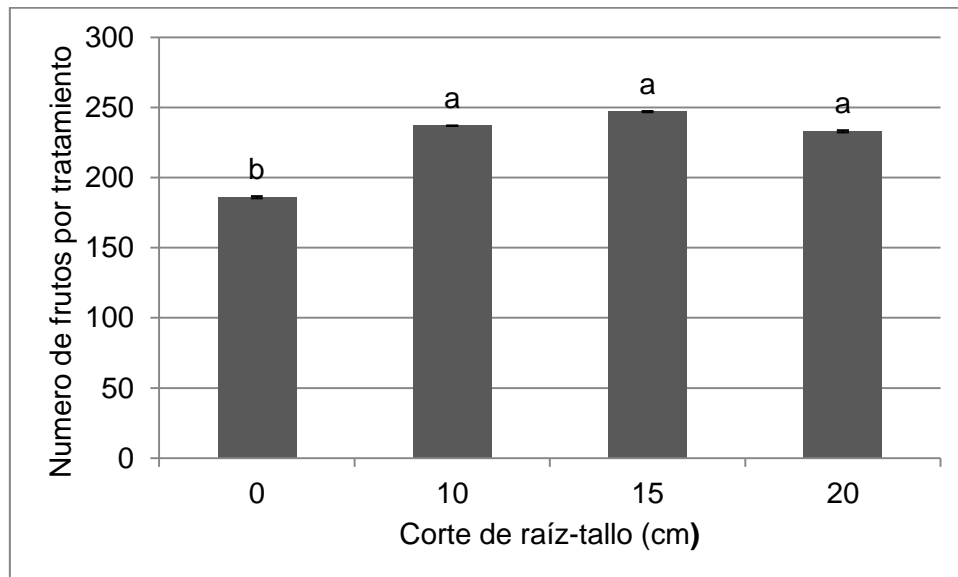


Figura 11. Efecto del corte de raíz en el número de frutos por tratamientos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Peso por Racimo en Agrupamientos (PRA)

Para poder analizar mejor el peso por racimos, se dividieron en tres grupos los racimos cosechados (Figura 12) y así poder comparar el peso de los primeros racimos con el peso de los últimos racimos. De acuerdo con Ponce (1995) mencionó que la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta. Los frutos son los principales órganos sumideros y compiten entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles Peil y Galvez, (2005). Esto nos justifica porque los últimos racimos disminuyen su tamaño analizado estadísticamente muestra que no existe diferencia significativa.

Como se puede ver en los testigos no presentan disminución esto fue porque durante el invierno los racimos siete, ocho y nueve fueron afectados por las bajas temperaturas y no tuvieron producción de frutos, lo cual indujo a una acumulación de reservas y se refleja en los siguientes racimos de acuerdo con Marcelis (1996). Cuando el balance fuente/destino se modifica, como en el caso de una defoliación o de una poda de frutos, la filotaxis deja de ser un factor importante en la regulación de la partición de materia seca; por lo tanto, los frutos reciben asimilados de todas las hojas, independientemente de su localización o distancia. Cabe aclarar que los tratamientos si tuvieron frutos mientras los testigos no y por ello el peso se vio afectado.

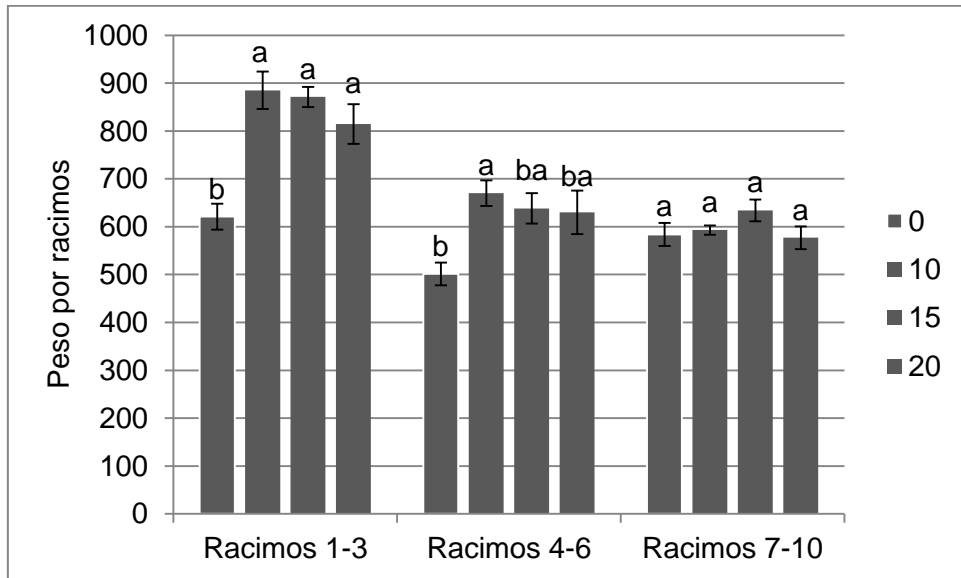


Figura 12. Efecto del corte de raíz en el peso por racimos divididos en tres grupos de racimos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Diámetro Polar en Agrupamientos (DPA)

La variable DPA (Figura 13) muestra cómo fue disminuyendo el peso de fruto de acuerdo con Mueller y Wamser, (2009), con un mayor número de racimos por planta el tamaño de los frutos tiende a ser menor, por el aumento de la competencia entre los frutos por los recursos de la planta; además, con más racimos por planta el tallo presenta mayor longitud y aumenta la demanda de asimilados para su crecimiento, lo cual genera competencia con los frutos. Como se puede ver al final del experimento no hubo diferencia significativa entre los cuatro tratamientos como anteriormente lo menciona Mueller y Wamser, (2009).

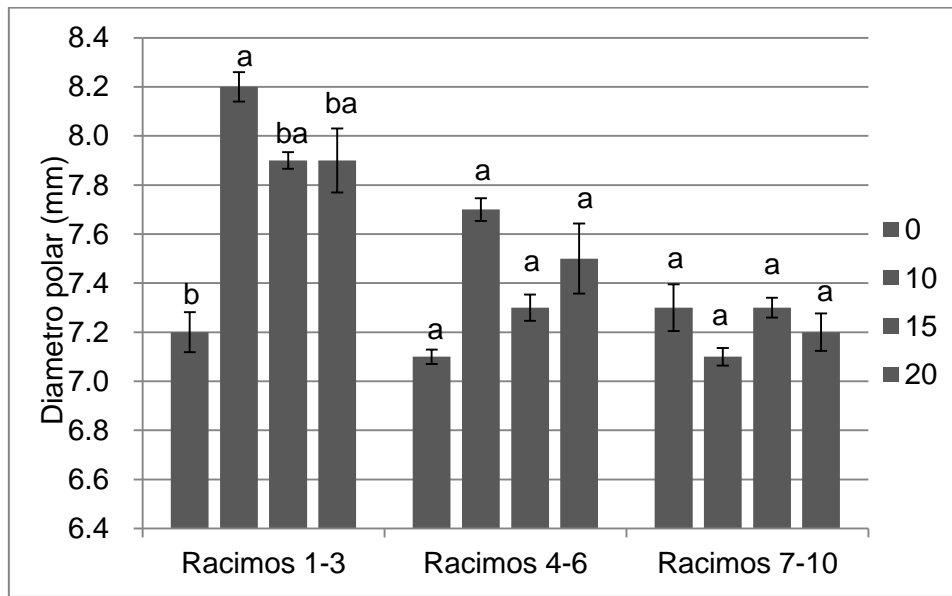


Figura 13. Efecto del corte de raíz en el diámetro polar divididos en tres grupos de racimos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

Peso por Fruto en Agrupamientos (PFA)

Se realizaron unas operaciones para obtener el peso medio por fruto de cada tres racimos por tratamiento (Figura 14) donde se muestra la disminución de esta variable. Se obtuvo que el testigo presento frutos de menos peso desde el inicio de cosecha ha comparación con los tres tratamientos que se les corto raíz, teniendo en cuenta que estaban en macetas los testigos contra las plantas que fueron evaluadas con los cortes de raíz en el método NFT modificado. Los testigos presentaron un peso continuo de sus frutos a comparación de los tratamientos analizados que presentaron frutos grandes y al final se emparejaron en PF con el testigo, al término de la cosecha el tratamiento con cortes de 15cm de su tallo con raíz, presento diferencia significativa con relación a los demás.

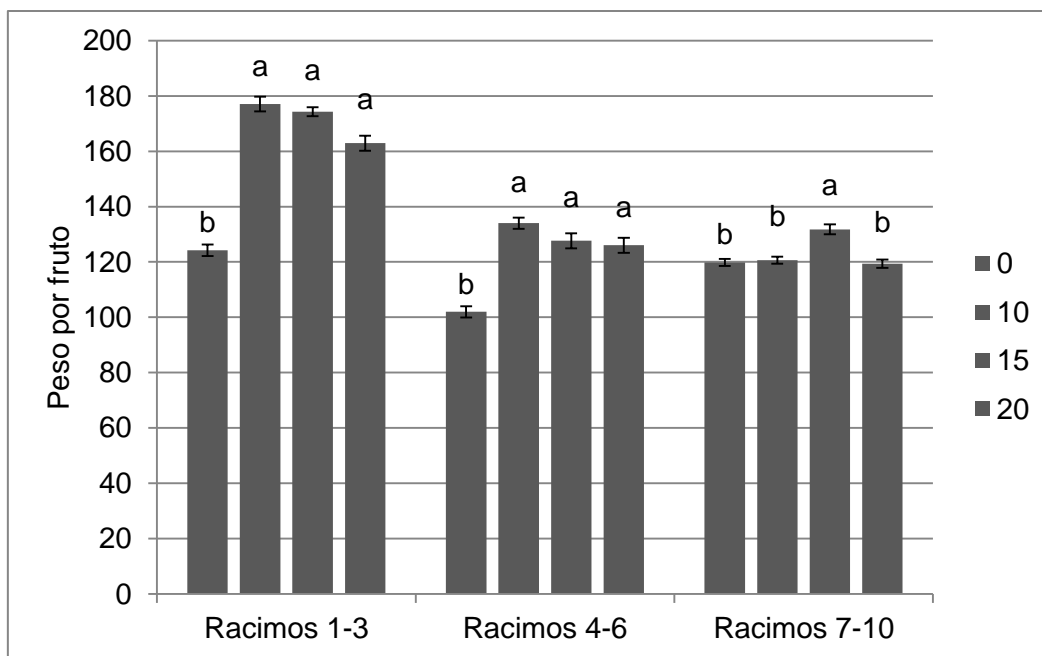


Figura 14. Efecto del corte de la raíz en la media del peso del fruto por racimos divididos en tres grupos de racimos de tomate cv. Cid, con el método NFT modificado.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo experimental se concluye lo siguiente:

Al realizar cortes en los tallos tienden a incrementar su rendimiento en la producción.

Las plantas a las que se les corto 15cm de su tallo con raíz fueron las que presentaron mayor rendimiento o peso de fruto.

Se recomienda realizar cortes de tallo no más de 15cm ya que después de esa longitud tiende a disminuir la producción de las plantas en tomate cv. Cid.

VI. LITERATURA CITADA

- Adams P. 2004 Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *In: Tratado de Cultivo sin Suelo*. G. M. Urrestarazu (ed). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:81-111.
- Alarcón V. A. (2006) Proyectos en cultivo sin suelo ¿Cómo empezar? *In: Cultivos sin Suelo*. V. A. Alarcón (ed.). Compendios de Horticultura 17. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus. España. pp:11-21.
- Alberto Q. et al., 2010. The effect of number of clusters per plant on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* - Vol. 4 - No. 2 - pp. 199-208,
- AMHPAC, Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A. C. 2013 Mexico boasts nearly 21 thousand hectares under protected agriculture. <http://www.houseofproduce.com/news/production/?storyid=141> (O ctubre 2013).
- Broadley, M. R., M.P.J. White , R.J. Bryson, M.C. Meacham, H.C. Bowen, S.E. Johnson, M.J. Hawkesford, S.P. McGrath, F.J. Zhao, N. Breward, M. Harriman, and M. Tucker. 2006. Biofortification of UK foog crops with selenium. *J. proceed. Nnutr. Soc.* 66:170-181
- Cánovas M. F. y C. J. Magán (2003) Cultivos sin suelo. *In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. F. F. Camacho (ed). Instituto Cajamar. Madrid, España. pp:409-453.
- Cantwell, M. 2004. Fresh market tomato statewide uniform variety tral report field and postharvest evaluations south Joaquin Valley. UCCE.

- Fánor Casierra Posada, Maria Constanza Cardozo 2009 Basic fruit growth analysis of field-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín
- Garcia-martinez, j.l. and P. hedden 1997 gibberellins and fruit development., en: tomas-barberan, F.A y R.J.Robins. (eds.) Phytochemistry of fruit and vegetables. OxfordSci. Publications, Heidelberg. Pp. 263-285.
- Giuffrida F. and C. Leonardi (2009) Nutrient solution concentrations in soilless closed system. *Acta Horticulturae* 807:463-468.
- HEDDEN P & Y KAMIYA. 1997. Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation, *Annu.Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48 (1997), pp. 431–460.
- Huang W. Y. 2009 Factors Contributing to the Recent Increase in U.S. Fertilizer Prices, 2002-08. Agricultural Resources Situation and Outlook Number AR-33. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington, DC. 21 p.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez, M. Guzmán y M. Zapata. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48 p.
- Kader, A. A., Morris, L. L., Chen, P. 1978. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. *J. amer. Soc. Hort. Sci.* 103:70-73
- MALONEK S, C BOMKE, E BORNBERG-BAUER, MC ROJAS, P HEDDEN, P HOPKINS & B TUDZYNSKI. 2005. Distribution of gibberellin biosynthetic genes and gibberellin production in the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Phytochemistry* 66: 1296-1311.
- Massa D., L. Incrocci, R. Maggini, G. Carmassi, C. A. Campiotti and A. Pardossi 2010. Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless culture of greenhouse tomato. *Agriculture Water Management* 97:971-980.

- Miguel Jordán, José Casaretto Fisiología VJOegReDtalÁ (NF. A&. SCqAueSoA &R LE.T CtaOrd e mil, eds.) Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2006) 15:
- Nakano Y., H. Sasaki, A. Nakano, K. Suzuki and M. Takaichi 2010 Growth and yield of tomato plants as influenced by nutrient application rates with quantitative control in closed rockwool cultivation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 79:47-55.
- Nuez F, et al, 1995. El Cultivo del Tomate, AEDOS S, A, Madrid España. Roberto Anderlini, cultivo del tomate, tercera edición, 1980. Robinsón R. W., Wilczynsky, H., y Dennis, F. G. Jr. 1968. Chemical promotion of tomato
- Pardossi A., L. Incrocci, D. Massa, G. Carmassi and R. Maggini 2009. The influence of fertigation strategies on water and nutrient efficiency of tomato grown in closed soilless culture with saline water. *Acta Horticulturae*807:445-450.
- Ponce C. P. (2013) Panorama de la Agricultura Protegida en México.<http://www.hortalizas.com/articulo/35512/panorama-de-la-agricultura-protegida-en-mexico> (Julio 2013).
- Raviv M. and H. Lieth 2008 Significance of soilless culture in agriculture. In: Soilless Culture Theory and Practice. M. Raviv and H. Lieth (eds.). Ed. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. pp:1-11.
- Resh, H. 1992. Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Rodriguez, R. Tavares, R y medina (2001). Cultivo moderno de tomate. Segunda edición. Mundi prensa, Madrid, España. Pp. 255.
- Taiz, Lincoln- Eduardo Zeiger. (2006) fisiología vegetal- Castello de la Plana: Publicacions de la universitat Jaume [, D.L. 2006 p.: i]. : cm,- (Cincies experimentals ; 10) Traducció de: Plant physiology, 3rd. ed. – Bibliografia. Index. Glossari. ISBN 978-84-8021-600-2 (o.c.). – 979-84-8021-599-2 (v.1).- 978-84-8021-600-5 (v.2)

TAMURA S. 1990. Historical aspects of gibberellins. En: Gibberellins. Takahashi N, BO Phinney & J Macmillan Eds. Springer-Verlag, New York. pp 1-8.

THOMAS SG, AL PHILLIPS, & P HEDDEN. 1999. Molecular cloning and functional expression of gibberellin 2-oxidases, multifunctional enzymes involved in gibberellin deactivation. Proc. Natl. Acad.Sci. USA 96: 4698-4703.

Tüzel I. H., U. Tunali, Y. Tüzel and G. B. Öztekin (2009) Effects of salinity on tomato in a closed system. *Acta Horticulturae* 807:457-462.

vavilov, N., L. 1951 the origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Translated by K. start. Chron. Bot. 13:1-366.

Villareal, R.R. 1982 origen y distribución de tomate. Primera edición en español. Costa rica. Pp. 66.

Internet 1. http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/S

Internet 2. <http://www.hortoinfo.es/index.php/noticia/4151-superf-mundo-tomate-101014>

Internet 3. <http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/3084-tomate-mundo-100314>

Internet 4. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>