

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Índice y Densidad Estomática de Tomate Injertado y sin Injertar con
Diferente Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

Por:

JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ IZQUIERDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Índice y Densidad Estomática de Tomate Injertado y sin Injertar con Diferente
Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

Por:

JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ IZQUIERDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

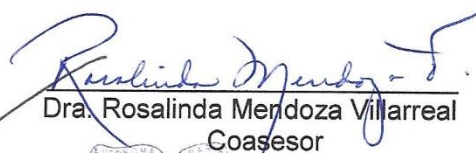
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor principal



M.C. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Dra. Rosalinda Merdoza Villarreal
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México



Febrero 2018

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Antonio Fernández Rojas y Ma. De Lourdes Izquierdo Torres por darme su apoyo y amor incondicional, por nunca dejarme solo, por siempre darme buenos consejos y guiarme por el buen camino. A ustedes grandes señores que me levantaron de los momentos más difíciles, que estuvieron para escucharme cuando más los necesitaba, creo que no me alcanzará la vida para demostrarles lo agradecido que estoy con ustedes, este logro es por ustedes y para ustedes mis viejos. Padre como agradecerte por enseñarme a trabajar, por mostrarme incluso las cosas difíciles de esta vida y sobre todo saber cómo afrontarlas, saber cómo salir adelante y siempre tratar de hacer lo correcto, sin dañar a personas. Eres un ser lleno de sabiduría del cual me guiaré para ser a tu imagen y semejanza. A ti madre mía por cargar con mis actos, por escucharme, por decirme cómo comportarme y por creer siempre en mí, por hacer que creyera en mí cuando tuve dudas en mi camino, además por llorar conmigo cuando lo necesitaba, por brindarme tu hombro y tener las palabras adecuadas para consolarme y siempre sacarme una gran sonrisa, sé que eso herede de ti lo alegre. Mis viejos me han donado la mejor herencia en poco tiempo esa gran herencia llamada educación, los amo grandes señores.

A mis hermanos **Valentín, Marcela, Félix Antonio y al bebe Francisco Guadalupe**, ustedes nunca me dejaron solo siempre me apoyaron con sus palabras, todos hemos llorado juntos alguna vez y sobre todo sonreído y esos momentos nunca se olvidarán, este logro es por ustedes también y no los dejaré solos, los amo hermanos míos.

A mis **abuelos, tíos y primos** que nunca me abandonaron y siempre creyeron en mí, siempre tenían un consejo para darme. Hoy no encuentro las palabras para agradecerles su gran apoyo, los amo.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre dios en primera instancia ya que con su voluntad he podido llegar al sitio donde estoy, que siempre estuve encomendado a él con mucha fe y devoción ya que sin ti no sería posible nada mi padre Dios.

A mi ALMA MATER, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, quien fuera mi hogar durante todo este periodo maravilloso, por permitirme tener el honor de pertenecer a esta prestigiosa institución y poder decir con mucho orgullo SOY BUITRE.

Al M.C. Neymar Camposeco Montejo, por brindarme la confianza de poder participar en este trabajo de investigación y tener el tiempo y la comprensión necesaria, para brindarme su conocimiento en campo y dentro del aula de clases.

Al Dr. Valentín Robledo Torres, por su tiempo, dedicación y apoyo cuando fue necesario, por su empeño y buena disposición para la culminación de este proyecto.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villareal, por su aportación de tiempo y su buena disposición para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez, por su disposición de tiempo y su buena capacidad de comprensión.

A todos mis profesores que me impartieron educación desde la primaria hasta el instante donde me encuentro.

RESUMEN

El trabajo se realizó en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. Con el objetivo de estudiar el efecto de la relación nitrato/amonio la micro morfología de la hoja de tomate injertado y sin injertar, se utilizó como portainjerto el híbrido Silex F1 de la semillera Fito Seeds y como variedad injertada el Arrojado F1 de Gene Seeds. El trabajo fue establecido bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde los tratamientos estudiados fueron la resultante de un factorial 2 (con injerto y sin injerto) x4(relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$). Se encontró que el injerto influyo sobre la densidad de células epidérmicas (DCE) y densidad de tricomas (DT), sin embargo el portainjerto indujo una reducción en el índice estomático (IE), largo de estomas (LE) y ancho de estomas (AE) del envés, en un 13.35%, 10.44% y 6.37% respectivamente comparado con el no injertado. La relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ con 85/15% indujo diferencias significativa para la variable densidad estomática (DE) del haz mostrando un incrementos de 17.30%, 40.30% y 56.49% sobre las relaciones 92/8%, 100/0% y 80/20% respectivamente, mientras que la relación 85/15% fue la que indujo el mayor incremento en el IE (haz) mostrando incrementos de 19.73%, 48.49% y 56.99% sobre las relaciones 92/8%, 100/0% y 80/20% respectivamente. En este trabajo de investigacionse observaron interacciones entre el injerto y las diferentes relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ estudiadas en el cultivo de tomate.

Concluyendo de esta manera que el injerto no influyo en gran medida dentro de la micro morfología de la hoja, sin embargo la relación nitrato/amonio 85/15 favorece el tamaño de los estomas.

Palabras clave: Portainjerto, estoma, micromorfología foliar, nitrato/amonio.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
II.1. Nutrición Mineral	5
II.1.2. Nutrición en Cultivos sin Suelo	7
II.1.3. Balance Iónico de la Solución Nutritiva.....	8
II.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	10
II.2.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en la Solución	12
II.2.3. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en Tomate	13
II.2.4. Nitrato y Amonio en la Planta.....	14
II.3. Estomas	15
II.3.1. Funciones de estomas.....	16
II.4. Índice y Densidad Estomática	17
II.5. Injerto	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
III.1. Localización del Sitio Experimental.....	20
III.2. Material Genético	20
III.3. Formación de los Injertos.....	20
III.4. Manejo Después del Injerto	21
III.5. Establecimiento del Cultivo.....	21
III.6. Nutrición del Cultivo	22
III.7. Control de Plagas en el Cultivo.....	22
III.8. Variables Evaluadas de la Micromorfología de la Hoja	23
III.9. Diseño Estadístico	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
IV.1. Efectos del Injerto.....	25
IV.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	31
IV.3. Interacciones Significativas de Injertos x $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	35

V. CONCLUSIONES	38
VI. LITERATURA CITADA	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de medias densidad de células epidérmicas por el envés de la hoja de planta de tomate injertado y sin injertar. -----	26
Figura 2. Comparación de medias para la variable índice estomático por la parte del envés de la hoja en planta de tomate injertado y no injertado. -----	27
Figura 3. Comparación de medias para la variable largo de estomas por la parte del envés en hojas de planta de tomate injertado y sin injertar. -----	27
Figura 4. Comparación de medias para la variable ancho de estomas por la parte del envés de la hoja en la planta de tomate injertado y sin injertar. -----	28
Figura 5. Comparación de medias para la variable densidad de tricomas por la parte del haz de la hoja en plantas de tomate injertado y sin injertar. -----	29
Figura 6. Comparación de medias para la variable densidad estomática a diferentes relaciones de la concentración $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.-----	32
Figura 7. Comparación de medias para la variable índice estomático a diferentes relaciones de la concentración $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.-----	32

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nutrición aplicada al cultivo de tomate injertado y no injertado durante todo el ciclo del cultivo.-----	22
Cuadro 2. analisis de varianza y comparación de medias de variables de caracteres micro-morfológicos de la hoja de tomate injertado y sin injertar. ---	30
Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias de variables de caracteres micro-morfológicos de la hoja de tomate en diferentes relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. -----	34
Cuadro 4. Análisis de varianza y comparación de medias de variables de caracteres micro-morfológicos de la hoja de tomate en diferentes relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. -----	35
Cuadro 5. Varianza y comparación de medias de las variables que se vieron afectadas por la interacción Injerto x Amonio. -----	37

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas en México y en todo el mundo (Bender, 2008; Al-Omran *et al.*, 2010). Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Fernández-Ruiz *et al.*, 2004).

El conocimiento de las características anatómicas y morfológicas de las hojas de una planta, son de gran importancia ya que es donde se realizan funciones tan importantes como el intercambio gaseoso entre las hojas y la atmosfera. El intercambio de gases generalmente se lleva a cabo a través de los estomas de la epidermis foliar, cuya función principal es la asimilación de CO₂ y la pérdida de agua por transpiración, al tiempo que absorben nutrimentos minerales por flujo de masas bajo condiciones ambientales cambiantes que ejercen presión sobre un determinado cultivo (Barrientos *et al.*, 2003; Sánchez y Aguirreolea., 2008). Sin embargo los diferentes factores ambientales como lo son, radiación solar, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo o sustrato, velocidad del viento, concentración de CO₂, nutrientes

minerales etc., no solo influyen sobre la difusión y transpiración, sino también en la apertura y cierre estomático que permite la entrada de CO₂ y la pérdida del agua, que se calcula que puede ser hasta 95% del total de agua que toma la planta por las raíces (Salisbury y Ross., 2000; Naizaque *et al.*, 2014; Reis *et al.*, 2009). Por otro lado el injerto es una práctica que de dos plantas se forma una sola planta o un solo individuo con el uso de dos diferentes variedades. El injerto fue utilizado por primera vez en Asia durante la década de 1920 mediante el injerto de sandía, en países como Japón y Corea la utilización de este método ha ido en aumento (Sakata *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Oda *et al.*, 1995). Recientemente, cultivos como: sandía, melón, pepino, tomate entre otros son comúnmente injertados con patrones resistentes a patógenos del suelo principalmente (Sakata *et al.*, 2008). El principal fin del injerto en tomate es generar resistencia a diferentes organismos patógenos que existen en el suelo. Debido a las bondades de esta práctica, los objetivos a cumplir se han ido ampliando (Lee y Oda, 2003), entre estos se encuentra la mejor y mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral desde las raíces hasta la parte aérea de la planta (Ruiz *et al.*, 1996; 1997), formar una planta más vigorosa y alargar la vida pos-cosecha del fruto (Lee y Oda, 2003). El injerto de tomate sobre patrones vigorosos, normalmente híbridos interespecíficos, permite cultivar plantas con dos o más tallos y reducir el número de plantas empleadas y por ende, el costo de producción (Miguel, 1997). El uso de porta injertos resistentes, en combinación con las prácticas del manejo

integrado de plagas y enfermedades, permiten reducir el uso de agroquímicos y dentro de ellos los químicos utilizados para desinfección de los suelos como son el metam sodio o potasio, es por ello que la importancia del injerto ha sido reconocida en todos los ámbitos agrícolas a nivel mundial, puesto que es una técnica muy eficaz, limpia y cuyo uso implica un nulo impacto ambiental (King *et al.*, 2010).

El uso de porta injertos para producir tomate ha cobrado gran importancia, sin embargo debido al vigor que generalmente le confieren a la variedad, las necesidades nutricionales podrían diferir, sobre todo en la relaciones aniones cationes, es por eso que se planteó los siguientes objetivos.

Objetivo

Determinar el efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la micro morfología de la hoja de tomate injertado y sin injertar.

Objetivos Específicos

Evaluar relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre micro morfología de la hoja.

Estudiar los efectos micromorfológicos de las hojas de tomate injertado, en comparación al no injertado.

Encontrar la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ adecuada para tomate injertado y sin injertar.

Hipótesis

La micromorfología de la hoja de planta de tomate se verá afectada por las diferentes concentraciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ así como por el efecto del injerto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.1. Nutrición Mineral

La nutrición mineral es uno de los factores que determinan el desarrollo y producción de las hortalizas, ya que influye en el rendimiento y la calidad de los frutos. Por otro lado la nutrición mineral ayuda a las plantas a mantenerse turgentes e inmunes a diferentes plagas y enfermedades, ya que diferentes elementos esenciales ayudan a esto. Esta no puede ser entendida y atendida como un fenómeno aislado, sino que debe ser vista en el contexto de un sistema en el cual hay numerosos factores que interactúan simultáneamente y que son determinantes de las acciones que se deben tomar para mantenerla adecuadamente (Etchevers, 1997).

Bonner, (1970) indica que los tres principales objetivos que se persiguen con el estudio a la nutrición mineral de las plantas son: la determinación de los elementos que las plantas necesitan para su desarrollo, estimar los síntomas de la desnutrición provocada en la planta por la ausencia de determinados elementos y por las condiciones nutritivas óptimas de cada uno de los elementos esenciales y el equilibrio que ha de existir entre los diferentes elementos.

La fertilización es uno de los rubros con más impacto dentro de los costos totales de producción con un cerca del 39%, la utilización de

fertilizantes o elementos esenciales para los cultivos son considerados como parte importante en la agricultura, mediante el entendimiento de su actividad e importancia de estos en el ciclo de vida de la planta, así como el rendimiento que pueden tener los diferentes cultivos (Porras, 2005).

En la actualidad se consideran 16 elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas en todos los cultivos y en general para las plantas superiores. Estos pueden clasificarse atendiendo a caracteres estructurales, de los que dependen los tipos de enlaces en que intervienen o también por el papel biológico que desempeñan (Mengel y Kirkby, 2001), sin embargo, una fertilización con dichos elementos solo puede ser exitosa cuando todos los nutrientes requeridos por la planta están disponibles en cantidades suficientes en el suelo (Guerrero et al., 2000).

La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la solución nutritiva (Steiner, 1968). Para que la solución nutritiva tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta.

Además de este problema, se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

II.1.2. Nutrición en Cultivos sin Suelo

Entre los problemas que se han observado dentro de la producción agrícola a campo abierto, está la dificultad en el manejo de distintos factores tales como; cambios extremos en la temperatura, la deficiencia y exceso de agua, los suelos mal drenados y contaminados, lo cual influye directamente en el desarrollo de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2001). La hidroponía es una técnica de producción para el desarrollo de los cultivos, en el cual su sistema radical se desarrolla sin suelo, ya sea en agua o sustratos inertes, con la particularidad que se debe proporcionar al sistema radical, agua, minerales y oxígeno suficientes para el óptimo desarrollo de la planta (Bastida, 2002).

En combinación con los invernaderos, el cultivo sin suelo o cultivo hidropónico, posiblemente sea hoy en día el método más intensivo de producción de hortalizas, surge como una alternativa a la agricultura tradicional cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados al ambiente de producción, sustituyendo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas (Duran *et al.*, 2000; Jensen, 2001; Cánovas, 2001).

Dentro de la hidroponía, las necesidades nutrimentales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrimentos que se le suministran dentro de la solución nutritiva. La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas dependen de la especie, la variedad, etapa fenológica y las condiciones ambientales (Carpena *et al.*, 1987; Adams, 1994b).

Para mantener la pureza de la solución nutritiva y que esta no sea afectada por diferentes factores, es de suma importancia trabajar con elementos puros e inertes como los son los sustratos. Por lo que, la combinación y proporción de los materiales del sustrato debe ser cuidadosamente estudiada, según los requerimientos de cada especie, pues el volumen limitado de los contenedores exige óptimas propiedades físicas y químicas para el crecimiento (Lavado, 2000).

II.1.3. Balance Iónico de la Solución Nutritiva

Steiner (1961), empleó el concepto de relación mutua entre iones, el cual se basa en que la solución nutritiva debe estar balanceada en sus macronutrientes: NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , para el caso de los aniones. El balance consiste no solo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, también en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y los aniones por otra. De manera similar a lo explicado por los aniones, la relación mutua entre los cationes, el K^+ disminuye en

forma proporcional al incremento del Ca^{2+} , el Mg^{2+} sufre pocos cambios (Steiner, 1973).

El problema más importante con respecto a la concentración de un ion, es la relación que tiene respecto a los otros iones de su misma carga eléctrica; una inadecuada relación entre los iones puede disminuir el rendimiento (Steiner, 1968).

Los nutrimentos que demandan los cultivos y la absorción de estos mismos de acuerdo a la relación de aniones y de cationes, depende también de la etapa fenológica de cada cultivo. De acuerdo con lo reportado por Resh (1991), Valenzuela *et al.* (1993), y Gertsson (1995), el paso de una etapa fenológica a otra se caracteriza por cambios en la actividad bioquímica y en la restauración del metabolismo primario. Estos factores influyen en toda la planta y por cada etapa de desarrollo.

II.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

El nitrógeno es un elemento fundamental para el buen funcionamiento de la planta así como para su buen rendimiento y producción. Por lo que, el nitrógeno puede suministrarse a la planta de diferentes formas: nítrica y amoniacal, la forma nítrica es absorbida preferente mente por la mayoría de las plantas, por lo que es la más utilizada (Mengel y Kirkby, 2000). La amoniacal, en ciertas concentraciones puede resultar toxica para muchas de ellas (Salsac *et al.*, 1987) y generalmente se recomienda aplicarla en pequeñas concentraciones después del trasplante (Portree, 1997).

El NO_3^- es la principal forma química en que las plantas pueden obtener el N y asimilarlo; y en baja en forma de NH_4^+ la cual presenta algunos beneficios en la nutrición de las plantas de tomate (Steiner, 1998).

II.2.1. El pH en la Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

El pH de la solución nutritiva puede variar dependiendo de la relación en la absorción de aniones y cationes, en la medida que las plantas absorben más aniones, el pH de la solución nutritiva se eleva. La vacuola tiene entre sus funciones regular el balance entre cationes y aniones, por osmorregulación (Granstedt y Huffaker, 1982). En el proceso de asimilación del NO_3^- , las raíces liberan iones OH^- y HCO_3^-

a la solución nutritiva y se sintetizan aniones de ácidos orgánicos con el propósito de mantener el balance óptimo de sus cargas (aniones y cationes) y el pH (ácidos y bases) en la vacuola (Martínes *et al.*, 1994; Marschner, 1995). El pH de la solución nutritiva se amortigua cuando una parte del N se adiciona en forma de NH_4^+ .

La absorción de cualquiera de las dos formas nitrogenadas ha sido asociada con condiciones favorables de pH existentes en el medio de crecimiento. Se ha encontrado en varias especies de cultivos que los incrementos de pH promueven la absorción de NO_3^- (Cao y Tibbitts, 1994). En general, un medio nutritivo con un pH de 4.5 a 6.0 se considera óptimo para la absorción de NO_3^- , mientras que un pH de 6.0 a 7.0 se considera el óptimo para el NH_4^+ (Hageman, 1992). Está documentado que varias especies de plantas pueden incrementar su crecimiento con aportes combinados de nitrato y amonio comparado con cualquiera de las dos formas nitrogenadas por separado (Lips *et al.*, 1990; Errebhi y Wilcox, 1990). Por lo que hace tan importante a estas dos formas de suministro del nitrógeno.

II.2.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en la Solución

Dentro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ dentro de la solución nutritiva, el pH puede variar dependiendo de la relación de absorción de aniones y cationes, ya que en la medida que la planta absorbe más aniones el pH de la solución aumenta. La principal causa de la variación de la relación en la absorción entre aniones y cationes depende de la forma química en que se suministra en nitrógeno a la solución nutritiva (Guill y Reisenauer, 1993).

Por lo general la mayoría de las especies vegetales toman el nitrógeno en forma de NO_3^- , en cambio el nitrógeno en forma de NH_4^+ en alta concentración resulta tóxico para su metabolismo (Barker y Mills, 1980), a este efecto negativo del NH_4^+ , Steiner (1984), sugiere no adicionar más del 10% del contenido de nitrógeno total en la forma de NH_4^+ en la solución nutritiva y el resto aplicarlo en forma de NO_3^- . Por otro lado, se ha demostrado que el ion amonio es preferentemente absorbido por la planta cuando su concentración es mayor que 10% del nitrógeno total presente en la solución, en lugar del nitrato (Kafkafi, 1990).

Otro factor importante a considerar dentro de la solución nutritiva, lo constituye la concentración iónica total (presión osmótica), dado que

determina fuertemente el crecimiento, desarrollo y producción de una planta (Steiner, 1961).

II.2.3. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en Tomate

Graves (1983) y Steiner (1984) reportaron que no más del 10% del N debe ser administrado en forma de NH_4^+ , pero McElhannon y Mills (1978) y Sasseville y Mills (1979) señalaron que la mayor producción de tomate se tuvo con 20 % de N-NH_4^+ con relación al N total. En México, Caraveo (1994) encontró los mejores resultados cuando la solución nutritiva (SN) tuvo 16.6 % de NH_4^+ , del total de nitrógeno aplicado. Se considera que para abatir los excesos de nitrógeno aplicados como fertilizante y por consiguiente la contaminación que causan, es necesario precisar los requerimientos adecuados para los cultivos y conocer los efectos específicos del nitrato sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate en hidroponía (Terraza *et al.*, 2012).

Por otra parte la nutrición del cultivo de tomate es de suma importancia así como el balance óptimo de los aniones y cationes. Con respecto a la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ y el efecto que tienen solos o combinados, ha sido documentado que una proporción óptima de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ favorece el crecimiento de la planta de tomate (Jingquan y Dewei, 1988) y rendimiento (Kwak *et al.*, 1989), mientras que una

absorción y acumulaciones excesivas de NH_4^+ pueden causar toxicidad y bajas concentraciones de Ca y Mg en el tejido (Jingquan y Dewei, 1988).

El tomate está considerado como una especie sensible al amonio (Gerendas *et al.*, 1997), por esta razón algunos investigadores recomiendan que la concentración del nitrógeno amoniacal sea máximo del 3% del total del nitrógeno suministrado (Portree, 1997). Pero Steiner (1984) sugirió que no más del 10% del contenido de nitrógeno total en la solución nutritiva debe ser aportado en forma de amonio, lo cual difiere de los autores anteriores. Por lo que la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ tiene que estar sumamente balanceada con respecto al vegetal a trabajar y su tolerancia a mencionada relación, con el fin de evitar mal funcionamiento en el metabolismo de la planta y que no se vea afectado su rendimiento y producción.

II.2.4. Nitrato y Amonio en la Planta

El nitrógeno es uno de los elementos más fundamentales para el desarrollo de las plantas, este elemento tiene distintas fuentes de suministro para la planta como lo son el NO_3^- , NH_4^+ y la urea, por lo que muchos estudios han demostrado que las plantas se benefician con una mezcla de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Britto y Kronzucker, 2002), aunque la relación óptima y la concentración de N varía dependiendo de la especie y la edad de la planta, así como del pH del medio de crecimiento (Demsar y Osvald,

2003; Li *et al.*, 2003; Miller y Cramer, 2004), por lo que se han reportado diversos trabajos, a partir de los cuales se estableció que muchas especies de plantas crecen mejor cuando son suministradas con NO_3^- que con sales de NH_4^+ , (Mengel y Kirkby, 1987).

El NH_4^+ en muchas circunstancias naturales y agrícolas pueden resultar tóxico para las plantas (Dejoux *et al.*, 2000; Miller y Cramer, 2004), más aun cuando es la fuente única de N. los síntomas más evidentes de toxicidad por NH_4^+ en las plantas se manifiestan como clorosis de hojas, marchitamiento, disminución del crecimiento y del rendimiento y, en casos extremos la muerte de la planta (Cramer y Lewis, 1993).

Por otro lado el NO_3^- en la solución nutritiva contrarresta los efectos de NH_4^+ en el crecimiento de las plantas (Houdusse *et al.*, 2008).

II.3. Estomas

Conocer la morfología y órganos de la planta es de suma importancia ya que en ciertas partes de la planta se realizan funciones indispensables para su buen funcionamiento y para cumplir todas sus funciones metabólicas. La hoja es el órgano más sensible y de suma importancia ya que responde a las condiciones del ambiente, razón por la cual refleja alteraciones morfológicas por consecuencia de los distintos efectos del estrés, al producir cambios en la síntesis de proteínas, pared

celular, espesor de la cutícula y conductividad estomática (Trewavas, 2003). Dentro de la hoja existen estructuras diminutas estructuras las cuales son llamadas estomas, estas juegan un papel importante dentro de todas las funciones de metabolismo de la planta, los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y de ahí la importancia de conocer tanto el numero como la forma en que estos poros abren y cierran, como también los factores que controlan estos procesos (Sanches-Diaz y Aguirreola, 1996).

II.3.1. Funciones de estomas

Los estomas, a pesar de su pequeño tamaño constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso, que permite una pérdida de agua en forma de vapor desde células foliares y se difunde con rapidez al aire más seco (Ray, 1985). Por ello, la información acerca de la morfología, densidad y frecuencia de los estomas, es importante ya que estos están relacionados con importantes funciones fisiológicas como la fotosíntesis y la respiración, relacionadas con el rendimiento de frutos y acumulación de biomasa en las plantas, (Barrientos, *et al.*, 2003). En caso de sequía los estomas se cierran impidiendo pérdidas de agua en la planta, lo cual también imposibilita el intercambio de gases y en consecuencia la entrada de CO₂ atmosférico necesaria para la nutrición de la plantas mediante el proceso de fotosíntesis (Castor, 2009).

La presencia de los estomas en la hoja por la parte del haz y del envés aumenta la superficie de evapotranspiración de la hoja por lo tanto la demanda de agua por parte de la planta es mayor. Sin embargo, la fotosíntesis es favorecida ya que los estomas permanecen abiertos (Strasburger *et al.*, 1993). Los estomas también ayudan a la absorción de nutrientes mediante la hoja, ya que Johnson (1916) asperjando sus piñas con una solución de sulfato de hierro, logro enverdecer las plantas después de algunas semanas. Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986).

II.4. Índice y Densidad Estomática

El índice y la densidad estomática son los índices de medición para saber cómo está compuesta la hoja de nuestra planta y saber en qué cantidad y como están distribuidos dentro de ella, por lo que se han hecho estudios donde, el índice estomático representa el cociente entre el número de estomas y la cantidad de células epidérmicas. La densidad estomática corresponde al número de estomas por unidad de superficie foliar y representa un valor diagnóstico para fragmentos de láminas foliares, siempre y cuando su uso se restrinja a órganos de la misma edad de desarrollo y de la misma taxonomía (Croxdale, 2000).

La disminución de la densidad estomática incrementa la resistencia estomática de la planta, la cual limita el exceso de transpiración (Rubino *et al.*, 1989, y Takur 1990). Así mismo, tanto la densidad estomática como el índice estomático son variables que son fuertemente influenciadas por la especie vegetal así como por condiciones ambientales como lo son sequía y altas concentraciones salinas (Rubino *et al.*, 1989; Bethke y Drew, 1992; Salas *et al.*, 2001).

Del mismo modo, la densidad estomáticas alta o baja, parece estar relacionada con ciertas familias, también existe una relación conspicua entre la densidad estomática y el tamaño de las células oclusivas, así altas densidades se presentan en plantas con células oclusivas pequeñas. Sanabria (2003) encontró que las hojas de *Heliconia latispatha* Bentham (Heliconiaceae) presenta mayores valores de densidad estomática y los índices estomáticos más altos.

Por otro lado, estudios en razas y cultivares de aguacatero bajo diferentes condiciones y etapas de desarrollo, han mostrado que la densidad estomática pueden variar de 100 a 610 estomas por mm² (Kadman, 1965). Según, Chartzoulakis *et al.*, (2002) la anatomía foliar en aguacatero está influenciada por condiciones ambientales como los son, el caso de la sequía, que causo reducción en varias características anatómicas, por lo que es probable que también cambie la densidad estomática.

II.5. Injerto

El injerto en hortalizas se inició en Corea y Japón alrededor de 1920, injertando sobre porta injertos o patrones de calabaza (Lee, 2003). El injerto en plantas es la unión de una porción de tejido vegetal viviente de dos plantas distintas para que se desarrollen como una sola planta (Hartmann *et al.*, 2002). El uso de injerto herbáceo en plantas ayuda a presentar una resistencia en cuanto a enfermedades del suelo, evitando así el uso desmedido de plaguicidas, además ayuda a presentar una mayor precocidad en cuanto a producción (Pérez *et al.*, 2005). En el ámbito comercial las especies hortícolas que se injertan son: melón, pepino, sandía, berenjena, tomate y pimiento (Lee, 1994; Hartmann *et al.*, 2002; Lee y Oda, 2003).

Los diferentes tipos de injertos que existen en hortalizas se manejan de acuerdo a la familia que pertenezcan, en el caso de las cucurbitáceas el más común es el injerto de aproximación, pero hay más tipos de injertos los cuales son: doble injerto, injerto de púa en hendidura, injerto de cuña y adosado (Mascorro *et al.*, 2013). El uso del injerto ejerce influencia sobre la resistencia estomática (Parés-Martínez *et al.*, 2004; Gil-Marín, 2006), aprovechando las propiedades del sistema radical del patrón para absorber agua y nutrientes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Localización del Sitio Experimental

La evaluación agronómica se realizó en un invernadero de mediana tecnología con una temperatura de 23 a 25 °C y una HR de 50 a 60% el cual se encuentra en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la Ciudad de Saltillo, Coahuila la cual está localizada a 25° 21' 24'' Norte y 101° 02' 05'' Oeste, a una altitud de 1762 msnm, con una precipitación media de 400mm y una temperatura media anual oscilante entre 12 y 18 °C.

III.2. Material Genético

El material genético utilizado como porta injerto fue el Sílex F1 de Fito Sedes y como variedad injertada el Arrojado F1 de Gene Seeds.

III.3. Formación de los Injertos

Para la formación de plantas injertadas, el porta injerto y la variedad se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando Peat moss y perlita en una proporción 80:20 respectivamente, se sembró primero la variedad el Arrojado y cuatro días después, el porta injerto Sílex, para proporcionar una adecuada sincronización. El proceso de injerto se realizó 25 días después de haber sembrado el porta injerto y el tipo de injerto utilizado fue el de púa cuyos cortes se realizaron con una navaja cúter nueva y desinfectada con cloro a 20 ppm. En cada

planta injertada fueron usados clips de soporte de 2.5 mm, esto para prevenir contaminación en la zona de corte de cada planta injertada.

III.4. Manejo Después del Injerto

Las charolas con las plantas injertadas fueron llevadas a una cámara de prendimiento, a una temperatura de 23 a 25°C y humedad relativa de 80 a 90 %, con una radiación natural en el día y en la noche, pasados los 8 días, las plantas injertadas fueron llevadas a invernadero para su adaptación y aclimatación en un ambiente de 2 a 27 °C y con humedad relativa entre 75 y 85 %.

III.5. Establecimiento del Cultivo

El trasplante se realizó 15 días después de haber realizado el proceso de injerto, manteniendo el clip de silicón de soporte en la zona de injerto. Se estableció el cultivo en el ciclo primavera-verano del 2016, utilizando macetas con capacidad de 10 litros y como sustrato peat moss más perlita en la relación 80:20 respectivamente. Las macetas fueron establecidas bajo un arreglo experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental con 8 tallos útiles, la distancia entre plantas fue de 25 cm y entre surcos de 1.8 m., cada planta fue manejada a doble tallo.

III.6. Nutrición del Cultivo

La nutrición se realizó bajo los procesos estándar del cultivo, utilizando la solución nutritiva de Steiner (1964) ajustadas y modificadas de acuerdo a los tratamientos aplicados y la composición elemental del agua, además fueron ajustadas de acuerdo a la etapa de crecimiento, 50% al trasplante, 75% a los 20 días después del trasplante y hasta antes de la floración, al 100% una vez iniciada la floración y fructificación hasta el término del ciclo, utilizando el 20% de drenaje.

Cuadro 1. Nutrición aplicada al cultivo de tomate injertado y no injertado durante todo el ciclo del cultivo.

Relación (%)	HCO ₃ ⁻ y									
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺
NO ₃ ⁻ / NH ₄ ⁺	Miliequivalentes L ⁻¹									
100/0	12	1	8	1.9	1	0	7	4.2	8.4	4
92/8	11	1	9	1.9	1	1	7	4.2	8.4	4
85/15	10.2	1	9.8	1.9	1	1.8	7	4.2	8.4	4
80/20	9.6	1	10.4	1.9	1	2.4	7	4.2	8.4	4

III.7. Control de Plagas en el Cultivo

Para la prevención de plagas que se realizaron aplicaciones semanales de Spirotetramat al 15.3%, Spiromesifen al 23.1%, Imidacloprid 17% + Culfutrn al 12% a razón de 1 ml/L⁻¹.

III.8. Variables Evaluadas de la Micromorfología de la Hoja

Las variables evaluadas son todas dentro de la micro morfología de la hoja tales como; densidad estomática, densidad de células epidérmicas, índice estomático, densidad de tricomas, largo y ancho de los estomas por el haz y en envés de la hoja, para tomar las muestras se utilizó una técnica que consiste en la aplicación de esmalte para uñas y se realizó el siguiente procedimiento; se aplicó el esmalte a la hoja por el haz y el envés dejando que se secase unos 5 o 10 minutos y después se retiró despegándola suavemente para obtener la impresión epidérmica de la hoja, sacando así la muestra, las muestras se tomaron de la cuarta hoja completamente desarrollada del ápice hacia abajo, una vez obtenidas todas las muestras se llevaron al laboratorio de citogenética del Departamento de Fitomejoramiento donde se encuentra un microscopio Carl Zeiss y con cámara digital integrada, con el que se tomaron las fotos. Con el objetivo de 10 X se obtuvo la densidad estomática (DE), sin embargo el área de cada fotografía fue de 0.3965 mm² por lo que se ajustó el cálculo de la DE por mm², mientras que con el objetivo de 40 X se calculó el índice estomático (IE) (Salisbury, 1928) de acuerdo con la siguiente expresión, $IE = (DE/(DE+DCE)) * 100$ donde DE= densidad estomática y DCE= densidad de células epidérmicas, en donde el área en este objetivo fue de 0.024 mm² ajustando el resultado final a 1 mm².

III.9. Diseño Estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, y el análisis estadístico se realizó con el programa SAS versión 9.1, se empleó el modelo estadístico factorial de 2×4 donde; donde el factor A es el tomate injertado y sin injerto y B son los tratamientos resultantes de las relaciones nitrato/amonio, además se realizó una comparación de medias con la prueba LSD al $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Efectos del Injerto

El uso del portainjerto influyo en las variables, DCE del envés (**Figura 1**), indicándonos que el portainjerto genera un incremento significativo ($p \leq 0.5$) superando en 9.67% al tomate sin injertar, esto concuerda con lo encontrado por Ayala *et al.*, (2010) que reporta incrementos del 8.5% en injertos de aguacate. También se mostró diferencia significativa ($p \leq 0.5$) en cuanto a la variable IE del envés (**Figura 2**), mostrando que el tomate no injertado supero al injertado con un 13.35%, esto difiere con lo encontrado por Cañizales *et al.*, (2003) quienes reportan diferencias estadísticas significativas en índice y densidad estomática del haz y envés en lima thaiti injertada en ocho patrones, lo encontrado en esta investigación, son un resultado normal ya que una planta injertada tiene menor número de células estomáticas por unidad de superficie, dado que éstas son más grandes como resultado de una mayor translocación de agua y sales minerales, lo cual da como resultado, células epidérmicas de mayor tamaño y por lo tanto menor índice estomático en plantas injertadas. Para las variables largo y ancho de los estomas del envés se observó que el tamaño de los estomas de las plantas injertadas fue menor en relación a las plantas no injertadas (**Figura 3 y 4**), mostrándose así que el tomate no injertado supero en largo y ancho de estomas en 10.44% y 6.37% a los estomas

del tomate injertado respectivamente, estos resultados obtenidos se atribuyen al efecto del injerto en plantas desarrolladas coincidiendo parcialmente con lo reportado por Pares-Martínez *et al.*, (2004) en *annonas*. Por otra parte, según Hetherington y Woodward (2003), mencionan que, bajo un ambiente de alta irradiación, los estomas pequeños confieren una ventaja adaptiva a las plantas por que pueden abrir y cerrar más rápidamente y por lo tanto ser más eficientes en el uso del agua, en la fotosíntesis y en la transpiración.

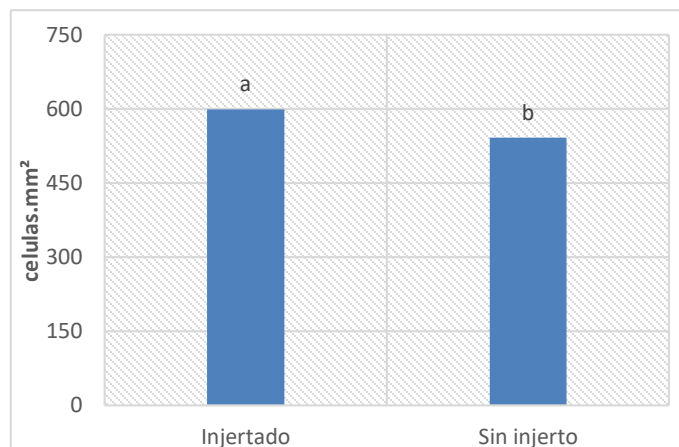


Figura 1. Comparación de medias en densidad de células epidérmicas por el envés de la hoja de planta de tomate injertado y sin injertar.

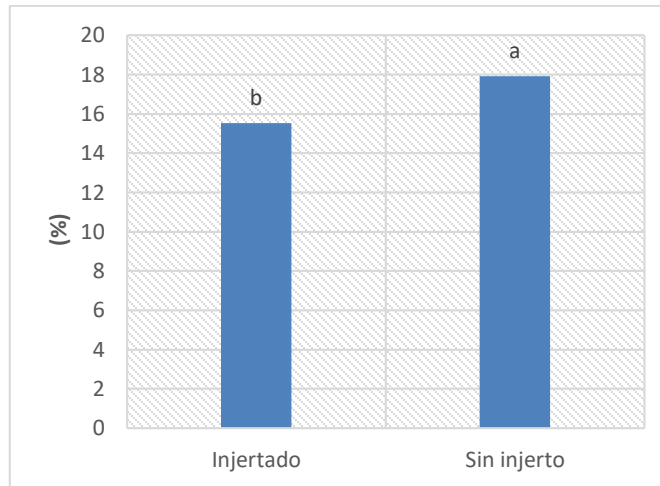


Figura 2. Comparación de medias para la variable índice estomático por la parte del envés de la hoja en planta de tomate injertado y no injertado.

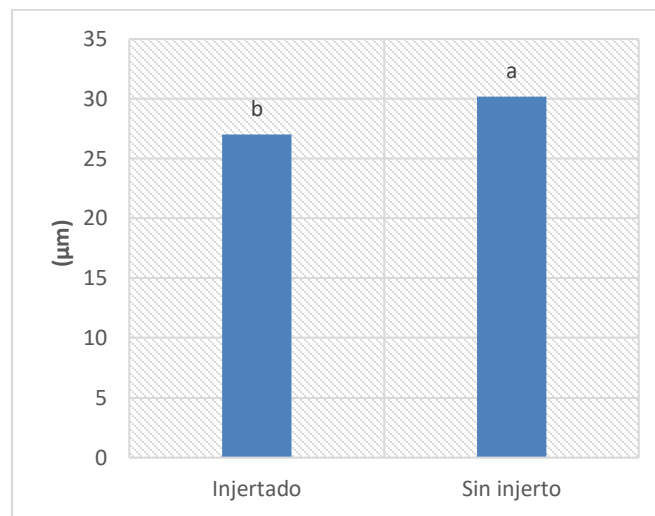


Figura 3. Comparación de medias para la variable largo de estomas por la parte del envés en hojas de planta de tomate injertado y sin injertar.

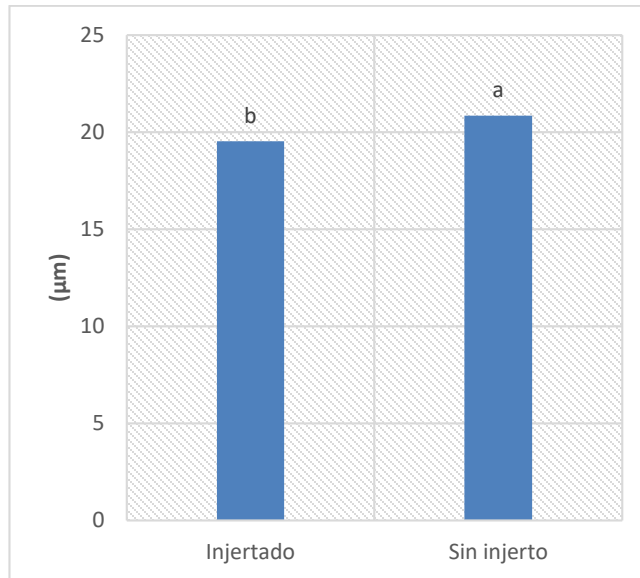


Figura 4. Comparación de medias para la variable ancho de estomas por la parte del envés de la hoja en la planta de tomate injertado y sin injertar.

Mientras que en el haz de la hoja solo existió diferencia estadística significativa en cuanto a la variable densidad de tricomas (**Figura 5**), mostrándose así un incremento de un 25.9% del tomate injertado sobre el tomate no injertado, lo cual hace mejor el uso del injerto ya que los tricomas juegan un papel importante como barreras físicas en el establecimiento y desarrollo de algunos insectos (Eigenbrode y Trumble 1993; Wagner *et al.*, 2004). El injerto también tiene grandes beneficios ya que Venema *et al.*, (2008) dicen que el injerto se ha utilizado para mejorar la resistencia a altas y bajas temperaturas, y para optimizar el uso de agua (Cohen y Naor, 2002), y para manejar la captación de nutrientes (Ruiz *et al.*, 1997).

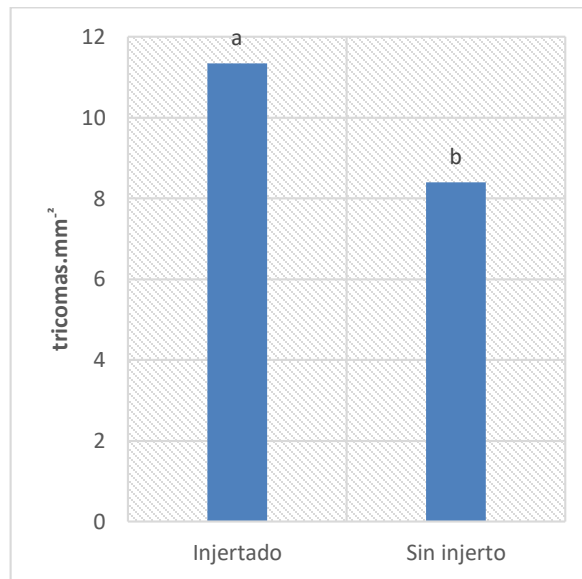


Figura 5. Comparación de medias para la variable densidad de tricomas por la parte del haz de la hoja en plantas de tomate injertado y sin injertar.

Para las variables densidad estomática (DE) y densidad de tricomas (DT) del envés de la hoja, no se observaron diferencias significativas entre plantas injertadas y no injertadas (**Cuadro 2**), aunque la variable DE el tomate injertado disminuyó un 6.72% en relación con el tomate no injertado, y para la variable densidad de tricomas el tomate injertado tuvo un aumento de 5.59% en comparación con el tomate no injertado, por lo que esta información difiere con lo obtenido por Yassin (2015) y Liu *et al.* (2016), quienes mencionaron que el injerto podría influir en gran medida en el comportamiento de las plantas, resultados similares encontró también Cañizares *et al.* (2003) en lima injertada, Ayala *et al.*

(2010) reportan diferencias significativas entre aguacate injertado y sin injertar.

Por otro lado no se observaron diferencias significativas en variables densidad estomática, densidad de células epidérmicas, índice estomático, largo de estomas, y ancho de estomas del haz de la hoja de tomate injertado y no injertado (**Cuadro 2**), aunque el tomate no injertado supero aunque no significativamente al tomate injertado en las variables DE, IE y LE, en un 17.39%, 16.80% y un 0.90% respectivamente, esto difiere de lo reportado por Ayala *et al.* (2010) al realizar injertos en aguacate Hass y Forte, también con lo reportado por Cañizares *et al.* (2003) en lima Tahiti, con diferencias entre patrones que van desde 5% hasta 110%.

Cuadro 2. Comparación de medias de caracteres micro-morfológicos de la hoja de tomate injertado y sin injertar.

Trata- miento	Haz					Envés	
	DE	DCE	IE	LE	AE	DE	DT
Injertado	12.21 a	547.07 a	2.28 a	29.33 a	18.93 a	108.12 a	32.22 a
No injertado	14.78 a	527.07 a	2.74 a	29.58 a	18.17 a	115.92 a	30.42 a

ns= no significativo, GLE= grados de libertad del error, DE= densidad estomática(estomas·mm²), DCE= densidad de células estomáticas (células·mm⁻²), IE= índice estomático (%), LE= largo de estomas (µm), AE= ancho de estomas (µm), DT= densidad de tricomas (tricomas·mm⁻²).

IV.2. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

En cuanto a la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en solución nutritiva aplicado vía riego al cultivo de tomate, existió diferencia significativa en cuanto a las variables densidad estomática (DE) en haz de la hoja del tomate, teniendo así un mejor resultado al aplicar la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de 85/15%, presento un valor superior en 17.30%, 48.30% y 56.49% a las relaciones 92/8%, 100/0% y 80/20% respectivamente para la variable de densidad estomática (**Figura 6**). En cuanto para la variable índice estomático (IE), también se encontraron diferencias significativas entre tratamientos las relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ se comportaron de la siguiente manera donde la relación 85/15 presento un índice estomático superior al observado con la relación 92/8% 100/0% y 80/20% en 19.73%, 48.49% y 56.99% respectivamente (**Figura 7**). Los resultados encontrados indican que para estas variables (DE e IE), el amonio promueve una mayor DE e IE que influyen en el tráfico de iones en las células oclusivas de los estomas que están relacionados con el mecanismo de apertura y cierre de los mismos, permitiendo la regulación de los procesos de transpiración y fotosíntesis (Hendrich y Schroeder, 1989; Maathuis y Sanders, 1992; Schroeder, 1995; Taiz y Zeiger 1998; Fernández y Maldonado, 2000; Sanders y Bethke, 2000). Del total del nitrógeno requerido, es posible suministrar a la solución nutritiva de 8 a 15% en forma de nitrógeno amoniacal (NH_4^+). Lo que concuerda con lo reportado por Sandoval *et al.*, (1992), en el caso del trigo (*Triticum aestivum* L.), es posible obtener una mayor producción de grano y de materia seca

cuando se emplea NH_4^+ en relaciones menores o iguales que 50% de la cantidad de N, que cuando la planta es suministrada exclusivamente con NO_3^- .

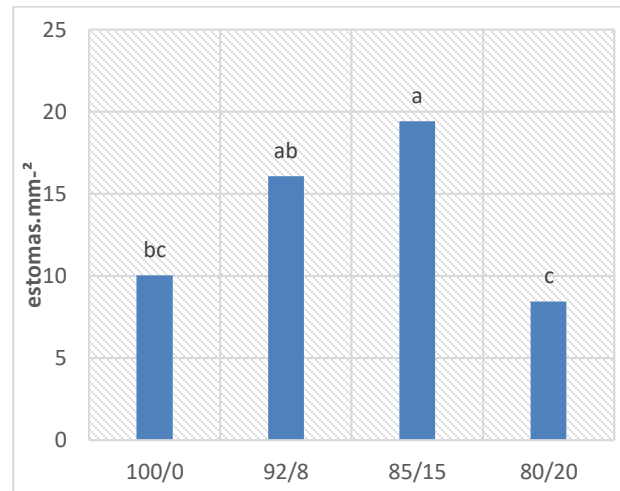


Figura 6. Comparación de medias para la variable densidad estomática a diferentes relaciones de la concentración $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

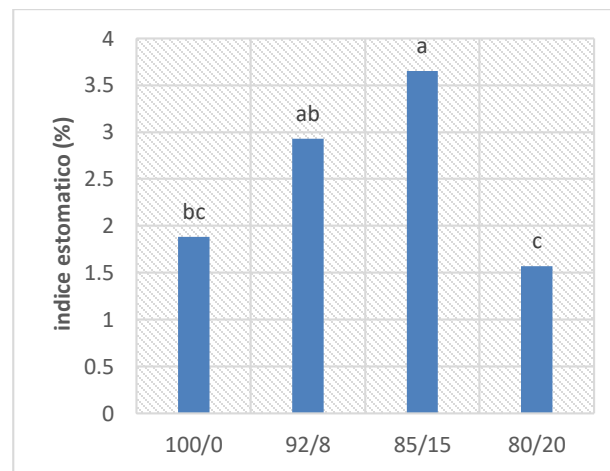


Figura 7. Comparación de medias para la variable índice estomático a diferentes relaciones de la concentración $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ aplicado al cultivo de tomate.

En cuanto para las variables densidad de células epidérmicas (DCE), densidad de tricomas (DT), largo de estomas (LA) y ancho de estomas (AE) por el haz no existió diferencia significativa en cuanto a las relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (**Cuadro 3**). Aunque no existió diferencia significativa para la variable DCE el tratamiento N en forma amoniacal, presento el mayor valor. En tanto a la variable DT la relación 80/20 tuvo un incremento de un 15.60% sobre el resto de los tratamientos. Con respecto a la variable largo de estomas la relación que presento los mayores valores fue la 92/8, superando en 6.41% al promedio de las otras relaciones. Para la variable ancho de estomas la relación de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ que genero un incremento sobre las otras relaciones fue la 85/15 aumentando así un 5.31% respectivamente, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Así mismo el envés de la hoja no exhibió diferencia significativa en ninguna de las variables evaluadas con respecto a las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (**Cuadro 4**). Pero para la variable densidad de tricomas y densidad de células epidérmicas la relación que genero mayor aumento fue 92/8 mostrándose así un incremento de 16.84% y 3.98% respectivamente. Para las variables densidad estomática, índice estomático, largo y ancho de estomas la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ que mostro mejores resultados fue la 80/20 incrementando así un 9.60%, 10.56%, 7.22% y 6.12% respectivamente. Los resultados nos indican que es posible aplicar 20% o menos del nitrógeno total en forma amoniacal. Lo cual difiere con Portree (1997), quien recomienda que la concentración de N amoniacal sea máximo del 3% del total del nitrógeno,

y con Steiner (1984), quien sugiere no más del 10% del contenido de N total en la solución nutritiva debe ser aportado en forma de amonio.

Cuadro 3. Comparación de medias de variables de caracteres micro-morfológicos del haz de la hoja de tomate en diferentes relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

Tratamientos	Haz			
	DCE	DT	LE	AE
$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	(células. mm^2)	(tricomas. mm^2)	(μm)	(μm)
100/0	560.96 a	8.78 a	28.36 a	18.75 a
92/8	529.32 a	10.27 a	30.30 a	18.66 a
85/15	526.36 a	10.04 a	29.65 a	18.88 a
80/20	531.64 a	10.41 a	29.51 a	17.91 a
CV%	18.39	51.59	14.12	14.72
GLE	64	64	64	64

GLE= grados de libertad del error, DCE= densidad de células estomáticas, LE= largo de estomas, AE= ancho de estomas, DT= densidad de tricomas.

Cuadro 4. Comparación de medias de variables de caracteres micro-morfológicos del envés de la hoja de tomate en diferentes relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

Tratamientos $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	Envés					
	DE	DCE	IE	DT	LE	AE
100/0	110.45 a	565.59 a	16.79 a	31.52 a	28.31 a	19.49 a
92/8	107.7 a	582.56 a	15.93 a	34.09 a	28.37 a	20.48 a
85/15	110.87 a	573.3 a	16.41 a	28.35 a	27.76 a	20.08 a
80/20	119.05 a	559.41 a	17.81	31.33 a	29.92 a	20.76 a
CV%	18.13	16.61	18.78	45.03	14.88	13.28
GLE	64	64	64	64	64	64

GLE= grados de libertad del error, DE= densidad estomática (estomas. mm^2), DCE= densidad de células estomáticas (células. mm^2), IE= índice estomático (%), LE= largo de estomas (μm), AE= ancho de estomas (μm), DT= densidad de tricomas (mm^2).

IV.3. Interacciones Significativas de Injertos x $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

Se encontraron diferencias significativas en la interacción (injertos x $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$) para las variables LE, AE y DCE del envés, así como en DCE del haz (**Cuadro 4**), observándose que el mayor valor de LE se encontró en el tomate sin injertar con las relaciones 85/15, 100/0 y 80/20, sin embargo aunque estas relaciones son estadísticamente iguales la relación 85/15 supero en un 4.01% y 5.05% a las otras, mientras que la relación que indujo los menores valores en ésta variable fue el tratamiento 85/15 con tomate injertado. En cuanto a la variable AE se obtuvo el mayor valor con la combinación de tomate sin injertar y con la relación 85/15, en cuanto a los valores más bajos se observaron con los

tratamientos 100/0 y 85/15 y con tomate injertado. Lo que indica que con el injerto se redujeron los valores de éstas dos variables. Lo cual difiere con los resultados obtenidos por Pares-Martínez *et al.*, (2004) y Gil-Marín (2006) quienes señalan que el injerto ejerce influencia sobre la resistencia estomática, aprovechando las propiedades del sistema radical del patrón para absorber agua y nutrientes.

La DCE del envés y haz se vieron favorecidos con el tomate injertado con la relación 92/8% incrementando así en un 26.84% y 21.35% respectivamente sobre el tomate no injertado y la misma relación 92/8%. Estos resultados muestran que lo que influyo en gran medida fue el efecto del injerto sobre el tomate con la relación 92/8%, lo cual concuerda con los autores antes mencionados, y en cuanto a la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ concuerda con lo mencionado por Steiner (1984), quien sugiere no más del 10% del contenido de N total en la solución nutritiva debe ser aportado en forma de amonio.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables que se vieron afectadas por la interacción Injerto x Amonio.

Tratamiento	%($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$)	LEE (μm)	AEE (μm)	DCEE (células. mm^{-2})	DCEA (células. mm^{-2})
Injertado	100/0	25.579 cd	18.504 c	569.44 bc	543.21 abcd
	92/8	30.190 ab	21.555 ab	672.84 a	592.59 a
	85/15	23.176 d	18.193 c	566.36 bc	487.65 cd
	80/20	29.137 abc	19.916 abc	587.96 b	564.81 abc
Sin injertar	100/0	31.056 a	20.491 abc	561.73 bc	578.70 ab
	92/8	26.565 bcd	19.414 bc	492.28 c	466.05 d
	85/15	32.353 a	21.971 a	580.25 b	564.81 abc
	80/20	30.720 a	21.608 ab	530.86 bc	498..46 bcd
		*	*	*	*
	CV (%)	14.47	13.19	14.90	17.77
	GLE	60	60	60	60

*=significativo al 0.05 respectivamente, ns= no significativo, GLE= grados de libertad del error, DMS=($p \leq 0.05$), LEE= largo de estomas envés, AEE= ancho de estomas envés, DCEE= densidad de células epidérmicas envés, DCEA= densidad de células epidérmicas haz

V. CONCLUSIONES

La relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no influyo significativamente sobre la mayoría de las variables evaluadas, solo en las variables DE y IE con la relación 85/15%.

El uso del portainjerto en tomate influyo significativamente en variables como densidad de células epidérmicas, índice estomático, largo de estomas y ancho de estomas del envés de la hoja.

Se observaron interacciones entre el uso de portainjerto y las diferentes relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ estudiadas en el cultivo de tomate.

VI. LITERATURA CITADA

- Al-Omran, A. M., Al-Harbi, A. R., Wahb-Allah, M. A., Nadeem, M., Al-Eter, A. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. *Turk Journal Agriculture*. 34: 59-73.
- Ayala A. J.; Barrientos P. A. F.; Colinas L. M. T.; Sahagún C. J.; Reyes A. J. C.; 2010. Relaciones injerto-interinjerto y características anatómicas y fisiológicas de la hoja de cuatro genotipos de aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(2): 147-154.
- Barker, V.A. y H.A. Mills. 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. *Hort. Rev.* 2: 395-423.
- Barrientos P. A. F.; Borys M. W.; Trejo C.; López L. L. 2003. Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 26 (4): 285-290.
- Bastida, T. 2002. Sustratos hidropónicos. Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Bethke, P. y M. Drew. 1992. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* L. during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiology* 99: 219-226.
- Bonner, J. 1970. Principios de la Fisiología Vegetal. Editorial Aguijar España.
- Britto, T. T.; Kronzucker, H. J. 2002. NH₄⁺ toxicity in higher plants a critical review. *Journal of Plant Physiology* 159(6): 567-584. doi: 10.1078/0176-1617-0774.

- Canovas M. F. 2001. Manejo del cultivo sin suelo. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez. MundiPrensa. España pp. 227-254.
- Cañizares A.; Sanabria M. E.; Rodríguez D A.; Perozo Y. 2003. Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre ocho patrones cítricos. Revista UDO Agrícola 3 (1):59-64.
- Cao, W. and T.W. Tibbitts. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different form of nitrogen. J. Plant Nutr. 17:109-126.
- Carpena, O., A.M. Rodríguez y M.J. Sarro. 1987. Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de plantas de tomate como índices de nutrición. An. Edafol. Agrobiol. 46: 117-127.
- Castor, Hernández Luis. 2009. Tesis, Horticultura, UAAAN Características De Estomas y Vasos de Xilemas En Tretraploides de Tomate. 20 p.
- Chartzoulakis K, A Patakas, G Kofidis, A Bosabalidis, A Nastou (2002) Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Hortic. 95: 39–50.
- Cramer, M. D.; Lewis, O. A. M. 1993. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays*) plants. Annals of Botany 72(4): 359-365. doi: 10.1006/anbo.1993.1119.
- Croxdale, J. 2000. Stomatal patterning in angiosperms. American Journal of Botany 87 (8): 1069-1080.
- Dejoux, J. F.; Recous, S.; Meynard, J. M.; Trinsoutrot, I.; Leterme, P. 2000. The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. Plant and Soil 218(1-2): 257-272. doi: 10.1023/A:1014934924819.

- Demsar, J.; Osvald, J. 2003. Influence of NO₃⁻:NH₄⁺ ratio on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) in aeroponic system. *Agrochimica* 47(3-4): 112-121.
- EIGENBRODE, S. D.; TRUMBLE, J. T. 1993. Resistance to beet armyworm, Hemipterans, and *Liriomyza* spp. in *Lycopersicon* accesiones. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 442-456.
- ERREBHI, M.; WILCOX, G. E. 1990. Plant species response to ammoniumnitrate concentration ratios. *J. Plant Nutr.* 13: 1017-1029.
- Esquinas-Alcazar J. y Nuez F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez V., F., Rodriguez Del R., A., Tello, J., Cuartero, J. y Segura. B. (eds.). *El cultivo del tomate*, pp 11-42. Nuez F. ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Etchevers, 1997. Citado por Guerrero J. A. 1999. Evaluación de Cuatro Fertilizantes Nitrogenados en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), con Acolchado. Tesis UAAAN, Saltillo, Coah. México.
- Fernández JA., Maldonado JM. 2000. Absorción y Transporte de Nutrientes Minerales. En: J. Azcón-Bieto, M. Talón *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Eds. Interamericana McGraw-Hill EUB Madrid.
- FERNÁNDEZ RUIZ, V.; GALIANA, L.; SÁNCHEZ MATA, M.C., Internal quality characterization of fresh tomato fruits. *Hort Science*, 39(2): 339-345, 2004.
- Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-211. In: A. Alexander (ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division*. Berlin. 1985.
- Gerendas, J.; Zhu, Z.; Bendixen, R.; Ratcliffe, R. G.; SATTELMACHER, B. 1997. Physiological and biochemical

processes related to ammonium toxicity in higher plants. Z. Pflanzenern. Bodenk 160: 239-251.

- Gertsson, U.E. 1995. Nutrient uptake by tomatoes grown in hydroponics. Acta Hort. 401: 351-356.
- Granstedt, R.C. y R.C. Huffaker. 1982. Identification of the leaf vacuole as a major nitrate storage pool. Plant Physiol. 70:410-413.
- Graves, C.J. 1983. The nutrient film technique. Hort. Rev. 5: 1-44.
- Guerrero, R., V. Montenegro y M. Ross. 2000. Fertilización con magnesio para más y mejores rendimientos en papa. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Fedepapa. Bogota. Pp. 96-99.
- Guill, M.A. y H.M. Reisenauer. 1993. Nature and characterization of ammonium effects on wheat and tomato. Agron. J. 85: 874-879.
- Hageman, R.H. 1992. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. Pp. 67-88. *In*: R.D. Hauck, J.D. Beaton, C.A.I. Goring, R.G. Hoefl, G.W. Randall y D.A. Russel (eds.). Nitrogen in crop production. American society of Agronomy, Crop Science Society of American and Soil Society of American. Madison, WI, USA.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T, Davies, Jr. y R.L. Geneve. 2002. Planta propagation, principles and practices. 7th ed. Prentice hall. N.J., USA. 880p.
- Hendrich R., Schroeder J. 1989. The physiology of ion channels and electrogenic pumps in higher plant cells. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 539-569.
- Hetherington, A. M. and Woodward, F. I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. Nature. 424(6951):901-908.

- Houdusse, F.; Garnica, M.; Zamarreño, A. M.; Yvin, J. C.; GARCÍA-MINA, J. 2008. Possible mechanism of the nitrate action regulating free-putrescine accumulation in ammonium fed plants. *Plant Science* 175(5): 731-739. doi: 10.1016/j.plantsci.2008.07.008.
- Jensen M. 2001. Produccion hidropónica en invernadero. Boletín informativo Num. 12. En línea: www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12.htm. (revisado el 17 de julio de 2006).
- Jingquan, Y. and C. Dewei. 1988. Effects of different nitrogen forms on tomato grown in carbonized rice hull. *Soilless Culture* 4: 51-61.
- Johnson, M.O. 1916. The spraying of yellow pineapple on manganese soil with iron sulfate solutions. *Hawaii Agr. Expt. Sta. Press Bull.* 5 1.
- Kadman A (1965) Influence of transpiration and some other factors on the uptake, transport and accumulation of chlorine and sodium in avocado seedlings. In: *Proc. Symp. Use of Isotopes and Radiation in Soil Plant Nutrition Studies*. June 28 - July 2 1965, Ankara, Turkey. International Atomic Energy Agency. Viena, Austria. pp: 539-562.
- Kafkafi, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ + effect on plant development. *J. of Plant Nutrition* 13: 1291-1306.
- King S. R.; Davis A. R.; Zhang X.; Crosby K.; 2010. Genetics, breeding and selection of rootstock for solanaceae and cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae*. 127:106-111.
- Kwak, Y.W., B.H. Min and J.M. Lee. 1988. Effects of nitrogen source on growth and fruit development of tomatoes grown in nutrient solution. *Cated papers abstracts of Communicated Horticultural Science* 7: 60-61.

- Lee J. M. y M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28: 61-124.
- Lee, J. M. 2003. Advances in vegetable grafting. *Chronica Horticulturae* 43: 13-19
- Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28: 61-124.
- León. Héctor M. Gallegos., y Mario Arosemena Dutari. 1980. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Culiacán Sinaloa, México. Pág.-11.
- Lips, S. H.; Leidi, E. O.; Silberbush, M.; Soars, M. I. M.; Lewis, O. E. M. 1990. Physiological aspects of ammonium and nitrate fertilization. *J. Plant Nutr.* 13: 1271-1289.
- Maathuis FJM., Sanders D. 1992. Plant membrane transport. *Current Opinion in Cell Biology* 4, 661-669.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Ed. Academic Press. San Diego, Ca., USA.
- Martínez, V., J.M. Núñez, A. Ortiz y A. Cerda. 1994. Changes in amino and organic acid composition in tomato and cucumber plants in relation to salinity and nitrogen nutrition. *J. Plant Nutr.* 17: 1359-1368.
- McElhannon, W.S. y H.A. Mills. 1978. Influence of percent $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ on growth, N absorption, and assimilation by lima beans in solution culture. *Agron. J.* 70: 1027-1032.
- Mengel K. y Kirkby E. A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th. Ed. Kluwer Academic Pub. Netherlands. Pp 193-194.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern.

- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2000. Principios de Nutrición Vegetal. Traducción al Español de la 4ª edición (1987) de R. J. Melgar Y M. Ruíz. Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland.
- Miguel, A. 1997. El injerto de hortalizas. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España.
- Miller, A. J.; Cramer, M. D. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil* 274: 1-36.
- Naizaque J.; García G.; Fischer G.; Melgarejo L. M. 2014. Relación entre la densidad estomática, la transpiración y las condiciones ambientales en feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1):115-121.
- Parés-Martínez, J.; Arizaleta, M.; Sanabria, M. y Brito, L. 2004. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* L. y *A. montana* MADFAC. *Bioagro*, 16(3), 213-218.
- Porras, P. 2005. Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos. En: *Fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa*. Cevipapa, Bogotá. 99 p.
- Portree, J. 1997. Greenhouse vegetable production guide for commercial growers. British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Resh, H.M. 1991. Hydroponic food production. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.
- Rodríguez, R., J.M. Tabares y J.A. Medina. 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª. ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 15-23.

- Rubino, P., E. Tarantino y F. Rega. 1989. Relationship between soil water status and stomatal resistance of tomatoes. *Irrigazione e Drenaggio* 36: 95-98.
- Ruiz, J., M. A. Belakbir, and L. Romero. 1996. Foliar level of phosphorus as its bioindicators in *Cucumis melo* grafted plants. A possible effect of rootstock. *J. Plant Physiol.* 149: 400-404.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetable in Japan. *Acta Horticulturae.* 731:159-170.
- Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M.; 2008. The history of melon and cucumber grafting in Japan. *Acta Horticulturae.* 767:217-228.
- Salas, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro* 13(3): 99-104.
- Salisbury F.; Ross C. 2000. *Fisiología de las plantas. Volumen 1* Paraninfo-Thompson Learning. Madrid España. pag. 305
- Salsac, L.; Chaillou, S.; Morot-Gaudry, J.; Lesaint, C.; Jolivet, E. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 25: 805-812.
- Sánchez-Díaz, M. y J. Aguirreolea. 1996. Relaciones hídricas. In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal.* Edigrafos. Madrid. pp. 49-90.
- Sandoval V., M., G. Alcantar G., J.L. Tirado T. and A. Aguilar S. 1992. Effect of the $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratio on GS and PEPCase activities and on dry matter production in wheat. *J. Plant Nutr.* 15: 2545-2557.
- Sasseville, D.N. y H.A. Mills. 1979. N from and concentration: effects on N absorption growth, and total N accumulation with southern peas. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104: 586-591.

- Schroeder JI. 1995. Anion channels as central mechanisms for signal transduction in guard cells and putative functions in roots for plant-soil interactions. *Plant Molecular Biology* 28: 353-361.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Steiner, A. A. 1968. Soilles culture. *In: proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.* Pp. 324-341.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth Int.Congr. on Soilless Culture. ISOSC Proceeding. The Netherlands. pp: 633-649.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. *In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.*
- Steiner, A.A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. pp. 43-53. *In: Proceedings 3rd International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands.*
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-649. *In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands.*
- Taiz L., Zeiger E. 1998. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc, Sunderland Massachusetts.
- Takur, P. 1990. Different physiological response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to drought. *Acta Physiologiae Plantarum* 12: 175-182.
- Trewavas, A. 2003. Aspects of Plant Intelligence. *Annals of Botany* 92: 1-20.

- Valenzuela, J.L., M. Guzmán, A. Sánchez, A. del Río y L. Romero. 1993. Relationship between biochemical indicators and physiological parameters of nitrogen and physiological plant age. pp: 215-257. In: M.A.C. Fragoso y M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Yassin, S. H. 2015. Review on role of grafting on yield and quality of selected fruit vegetables. Global J. Sci. Frontier Res. 15(1):65-78.