



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA**

**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN
NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
TOMATES (*Lycopersicon esculentum* Mill.) NATIVOS
CULTIVADOS EN INVERNADERO**

DALILA FLORES GONZÁLEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2011

La presente tesis, titulada: **Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos cultivados en invernadero**, realizada por la alumna: **Dalila Flores González**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. MANUEL SANDOVAL VILLA

ASESOR:



DR. PORFIRIO RAMIREZ VALLEJO

ASESOR:



DR. PROMETEO SANCHEZ GARCÍA

ASESORA:



DRA. MA. NICOLASA RODRÍGUEZ GARCÍA

Montecillo, Texcoco, México, julio de 2011

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATES (*Lycopersicon esculentum* Mill.) NATIVOS CULTIVADOS EN INVERNADERO

Dalila Flores González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN

México cuenta con una gran diversidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos, sin embargo, existen pocos estudios que muestren el potencial y adaptación de estos genotipos para ser cultivados en condiciones de invernadero e hidroponía, con capacidad para competir en calidad y productividad con las variedades comerciales. Por lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron: 1) evaluar el potencial de rendimiento de 100 genotipos nativos de tomate cultivados en invernadero e hidroponía y seleccionar los 10 genotipos más sobresalientes en rendimiento y 2) evaluar el efecto de tres valores de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento, rendimiento y calidad de diez genotipos nativos sobresalientes en rendimiento. Se realizaron dos experimentos: en el primero se estableció un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, en el que se evaluó el rendimiento en cinco racimos de 100 genotipos nativos de tomate y un híbrido (“Sun 7705”) como testigo, cultivados en invernadero e hidroponía. En el segundo experimento se utilizó un diseño factorial (3 x 12) con tres valores de CE (1, 2 y 3 dS m⁻¹; -0.036, -0.072 y -0.108 MPa, respectivamente), diez genotipos nativos sobresalientes en rendimiento en la primera fase de la investigación (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) y dos híbridos comerciales (“Caiman” tipo bola y “Sun 7705” tipo saladette); se evaluaron diversas variables en planta (altura, diámetro de tallo, número de hojas, materia seca de tallo y hojas, rendimiento de cuatro racimos) y en fruto (longitud y anchura, porcentaje de jugo, pH, conductividad eléctrica en el jugo (CEJ), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), índice de madurez (SST/AT), color (luminosidad, hue, croma), firmeza, rendimiento de pasta (RP) y concentración de licopeno). En el primer experimento, 84 genotipos nativos fueron estadísticamente similares en rendimiento al híbrido “Sun 7705”. En el segundo experimento se observó un incremento de la materia seca de tallo y hojas, SST, AT, CEJ, croma, porcentaje de jugo y RP al elevar la CE de la solución nutritiva. El híbrido “Caiman” (tipo bola) y el genotipo nativo PUETHNE1-128 exhibieron el mayor rendimiento, el resto de los genotipos nativos evaluados mostraron un rendimiento similar al híbrido “Sun 7705” (tipo saladette). La mayoría de los genotipos nativos superaron a los híbridos comerciales en sólidos solubles totales y concentración de licopeno. Con base en el rendimiento, los genotipos nativos evaluados mostraron un alto potencial para ser cultivados en sistemas hidropónicos e invernadero; además, presentaron un gran potencial en sus características de calidad organoléptica que podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético para la generación de variedades que produzcan frutos de alto valor comercial y nutracéutico.

Palabras clave: potencial osmótico, producción, genotipos nativos, características organolépticas, hidroponía.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE NUTRIENT SOLUTION ON THE YIELD AND QUALITY OF NATIVE TOMATOES (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GROWN IN GREENHOUSE

Dalila Flores González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

Mexico has a great diversity of native population of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), however, there are few studies about the potential and adaptation of these genotypes to be cultivated in greenhouse and hydroponics, and to compete in quality and productivity with commercial varieties. Therefore, the objectives of this research were: 1) to evaluate the potential yield of 100 native genotypes of tomato grown in greenhouse and hydroponics and select the 10 outstanding genotypes in yield and, 2) to assess the effect of three electrical conductivity (EC) of the Steiner nutrient solution on growth, yield, and quality of ten outstanding native genotypes in yield. Two experiments were conducted. In the first an experimental design was established completely at random with four replications, yield was evaluated in five clusters of 100 native genotypes of tomato and a hybrid ("Sun 7705") as a control, cultivated in greenhouse and hydroponics. In a second experiment a factorial design (3 x 12) was established; with three EC levels (1, 2 and 3 dS m⁻¹; - 0.036, - 0.072 and - 0.108 MPa, respectively), and ten outstanding native genotypes in yield selected from the first experiment (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) and two commercial hybrid tomatoes ("Caiman" ball type and "Sun 7705" saladette type). Variables evaluated in the second experiment were: height, stem diameter, number of leaves, dry matter of stem and leaves, yield from four clusters, and in fruit were length and width, percentage of juice, pH, electrical conductivity in juice (ECJ), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), maturity index (TSS/TA), color (brightness, hue and chroma), fruit firmness, yield of paste (YP) and lycopene concentration. In the first experiment, 84 native genotypes were statistically similar in yield to the hybrid "Sun 7705". In the second experiment it was observed an increase in dry matter of stem and leaves, TSS, TA, ECJ, chroma, percentage of juice and RP to raise the EC of the nutrient solution. The hybrid "Caiman" (ball type) and the native genotype PUETHNE1-128 exhibited the highest yield, the rest of the tested native genotypes showed a similar production to the hybrid "Sun 7705". Most of the native genotypes surpassed the commercial hybrids in total soluble solids and lycopene concentration. Based on yield, native genotypes assessed showed a high potential to be grown in hydroponics and greenhouse. In addition, these showed great potential in characteristics of organoleptic quality that could be used in breeding programs for the generation of varieties to produce fruits of high commercial value and nutraceutical quality.

Key words: osmotic potential, production, native genotypes, organoleptic characteristics, hydroponics.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento y apoyo educativo para realizar mis estudios de maestría.

Al Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Genética por el germoplasma otorgado para la realización de la presente investigación, a través del Proyecto Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

A los integrantes de mi consejo particular, Dr. Manuel Sandoval Villa, Dr. Porfirio Ramírez Vallejo, Dr. Prometeo Sánchez García y Dra. María Nicolasa Rodríguez García, por su enseñanza, apoyo y motivación durante mis estudios de postgrado, cada uno de ustedes aportó enseñanzas muy valiosas a mi vida, gracias por permitirme trabajar a su lado.

A la Dra. Libia Iris Trejo Téllez y a la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza, mujeres ejemplares en la investigación agrícola.

A mis hermanos, José H., Nadia y Eduardo, quienes me demuestran día a día lo valiosa que es la familia y la vida, por su apoyo y ejemplo, saben que siempre cuentan conmigo.

A mis cuñadas Mónica y Narcedalia y a mis sobrinos José Eduardo, Gael Manuel, Diego y José Emiliano, por su apoyo y los momentos gratos que me han brindado.

A mi querido I. Darío Flores Sánchez, un hombre ejemplar y congruente, que me ha otorgado su apoyo y amor incondicional, que me enseñó el valor de la autoconfianza y la libertad, cuya ayuda fue fundamental para realizar y culminar mi investigación.

A Alejandro Andrade Trujillo, un gran amigo que me ha ayudado en todo momento.

A Cesar, Esteban y Elías por su amistad y ayuda para realizar el presente documento.

A Ángeles y Juan Carlos por su apoyo en laboratorio e invernadero.

A todas las personas que me dieron la oportunidad de aprender a su lado durante mis estudios de postgrado.

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres.

Con amor y gratitud.

Dalila Flores González

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1 OBJETIVOS.....	3
1.1 Objetivos generales.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2 HIPÓTESIS.....	3
3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
CAPÍTULO I. RENDIMIENTO DE GENOTIPOS NATIVOS DE TOMATE CULTIVADOS EN INVERNADERO E HIDROPONÍA.....	19
1.1 RESUMEN.....	19
1.2 ABSTRACT.....	20
1.3 INTRODUCCIÓN.....	20
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
1.6 CONCLUSIONES.....	34
1.7 LITERATURA CITADA.....	34
CAPÍTULO II. EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS NATIVOS DE TOMATE ES AFECTADO POR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	35
2.1 RESUMEN.....	35
2.2 ABSTRACT.....	36
2.3 INTRODUCCIÓN.....	37
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
2.6 CONCLUSIONES.....	48
2.7 LITERATURA CITADA.....	48
CAPITULO III. LA CALIDAD DE TOMATES NATIVOS ES AFECTADA POR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	51
3.1 RESUMEN.....	51
3.2 ABSTRACT.....	52
3.3 INTRODUCCIÓN.....	53
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.6 CONCLUSIONES.....	68
3.7 LITERATURA CITADA.....	69
CONCLUSIONES GENERALES.....	73
ANEXOS.....	74

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1	Significancias estadísticas en rendimiento por planta (g planta^{-1}) de 100 genotipos nativos y un híbrido comercial de tomate. Montecillo, estado de México, 2010.....	23
Cuadro 1.2.	Rendimiento de 100 genotipos nativos de tomate y un híbrido comercial.....	24
Cuadro 2.1.	Significancias estadísticas para altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas y materia seca de tallo y hojas (g) en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	41
Cuadro 2.2.	Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y materia seca de tallo y hojas en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	42
Cuadro 2.3.	Significancias estadísticas en largo y ancho de fruto (mm) y rendimiento por planta (g planta^{-1}) en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	45
Cuadro 2.4.	Largo y ancho de fruto en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	45
Cuadro 3.1.	Significancias estadísticas para pH, conductividad eléctrica de jugo (CEJ; dS m^{-1}), sólidos solubles totales (SST; °Brix), acidez titulable (AT; %), índice de madurez (SST/AT) y firmeza (N) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	59
Cuadro 3.2.	pH, conductividad eléctrica de jugo (CEJ), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), índice de madurez (SST/AT) y firmeza (N) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	60
Cuadro 3.3.	Significancias estadísticas para color (luminosidad, hue, croma), jugo (%), concentración de licopeno ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) y rendimiento de pasta (RP; g planta^{-1}) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.....	66

Cuadro 3.4. Color (luminosidad, hue, croma), porcentaje de jugo, concentración de licopeno y rendimiento de pasta (RP) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010..... 66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.....	25
Figura 2.1. Influencia de la interacción conductividad eléctrica (CE)*genotipos, sobre el diámetro de tallo de diferentes genotipos de tomate.....	43
Figura 2.2. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento de frutos de tomate.....	47
Figura 2.3. Rendimiento promedio de frutos en diez genotipos nativos de tomate y dos tomates híbridos comerciales.....	47
Figura 3.1. Efecto de la interacción conductividad eléctrica (CE)*genotipos sobre la acidez titulable de frutos de diferentes genotipos de tomate. Montecillo, estado de México, 2010.....	63

INTRODUCCIÓN GENERAL

Con base en la superficie dedicada al cultivo y al valor de producción, el tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza número uno en el mundo (Muñoz, 2009) y la más cultivada en sistemas hidropónicos e invernadero. México es considerado centro de domesticación de esta especie (Rick, 1978) y cuenta con una gran diversidad de tomates nativos (Ramírez, 2010). Las poblaciones nativas o autóctonas las usan los agricultores de manera tradicional, no han pasado por algún proceso de mejoramiento sistemático y científicamente controlado, y su semilla es producida por los mismos agricultores (Sevilla, 2006).

Hay evidencias acerca de tomates nativos que producen frutos con mayor cantidad de sólidos solubles, acidez titulable y concentración de licopeno (Juárez *et al.*, 2009; Salgado *et al.*, 2010; Juárez *et al.*, 2011) que los híbridos comerciales.

Sin embargo, todavía son escasos los estudios que permitan fortalecer el conocimiento sobre el potencial de rendimiento y calidad de los tomates nativos cultivados en invernadero e hidroponía bajo diferentes niveles de nutrición mineral, y en los que se evalúe su comportamiento en relación con los híbridos (Juárez, 2009; Ramírez, 2010). El conocimiento acerca del potencial productivo y agrícola de estas poblaciones es importante, porque una agricultura sustentable requiere la explotación racional de genotipos o variedades eficientes en su morfología y fisiología que sean tolerantes a factores adversos y limitantes de la producción; que además requieran un menor suplemento de insumos (Borrego *et al.*, 2001). Las poblaciones nativas pueden ser incorporadas a programas de mejoramiento formal y ser manejadas en condiciones de agricultura protegida con posibilidad de generar variedades y semillas de calidad mexicanas (Moreno, 2010), ya que en México predomina el cultivo de variedades mejoradas de frutos tipo saladettee y bola

(Martínez *et al.*, 2005) de origen transnacional, ya que se carece de variedades específicas para el país, por lo que se utilizan cultivares cuya semilla es de precio alto (Ramos *et al.*, 2006), factor que eleva los costos de producción del cultivo en agricultura protegida.

En los sistemas hidropónicos el manejo de la solución nutritiva es crucial para la obtención tanto de altos rendimientos como de calidad, pues es la vía a través de la cual se proporcionan los nutrimentos necesarios para el desarrollo de la planta (Carrasco *et al.*, 2007). En estas soluciones la conductividad eléctrica (CE) tiene una estrecha relación con la concentración total de sales de la solución nutritiva (Lara, 1999), es un estimador indirecto del potencial osmótico, y determina el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (Bugarín *et al.*, 1998). Este parámetro debe ser monitoreado a lo largo del ciclo de producción (Carrasco e Izquierdo, 1996).

El valor óptimo de CE para la producción comercial de tomate es 2 dS m^{-1} , sin embargo, menores valores pueden ser limitantes en su cultivo (Lara, 1999). El tomate presenta un umbral de tolerancia a la salinidad de 2.5 dS m^{-1} , y por cada dS m^{-1} superior a este umbral se disminuye 10% el rendimiento del cultivo (Maas y Hoffman, 1977).

En Puebla, México, existe una población nativa sobresaliente conocida localmente como tomate “chino” que tiene una gran aceptación y demanda local. Sin embargo, no se han realizado estudios sistemáticos en torno a estas poblaciones nativas hasta el momento, por lo que se desconoce el potencial y la adaptación agronómica de estas poblaciones cuando son cultivadas en invernadero e hidroponía (Ramírez, 2010); también, se carece de información acerca de la amplitud de la variación genética y fenotípica existente entre y dentro de poblaciones individuales.

Por lo anterior, esta investigación se llevó a cabo con los objetivos siguientes:

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivos generales

Evaluar el potencial de rendimiento de 100 genotipos nativos de tomate derivados de una población nativa por selección, en condiciones de invernadero e hidroponía y seleccionar los 10 genotipos con mayor rendimiento como otras características agronómicas sobresalientes.

Evaluar el efecto de tres valores de conductividad eléctrica (1, 2 y 3 dS m⁻¹; -0.036, -0.072 y -0.108 MPa, respectivamente) de la solución nutritiva Steiner sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad de fruto de 10 genotipos nativos de rendimiento superior, cultivados en invernadero e hidroponía.

1.2 Objetivos específicos

Identificar genotipos nativos de tomate con potencial de rendimiento y calidad de fruto sobresalientes, para ser cultivados en sistemas hidropónicos e invernadero.

Identificar el nivel óptimo de conductividad eléctrica para la producción de tomates nativos.

2 HIPÓTESIS

Existen genotipos nativos de tomate con potencial alto para su cultivo en invernadero e hidroponía.

Los genotipos nativos de tomate, cultivados en condiciones de invernadero e hidroponía, son similares e incluso superiores a las variedades comerciales en rendimiento y calidad.

Los genotipos nativos de tomate responden diferencialmente la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el cultivo de tomate

La solución nutritiva es agua con oxígeno y nutrimentos esenciales en forma iónica (Lara, 1999). En hidroponía los elementos minerales esenciales son aportados en la solución nutritiva, a través de las sales fertilizantes que se disuelven en agua (Carrasco e Izquierdo, 1996).

De acuerdo con Steiner (1961, 1966, 1980) la composición química de la solución nutritiva está determinada por los factores siguientes: la relación mutua entre cationes; la relación mutua entre aniones; la concentración iónica total; y el pH.

Un factor importante a considerar en la solución nutritiva es el relativo a la concentración iónica total (Steiner, 1961), ya que ésta determina el crecimiento, el desarrollo y la producción de la plantas (Bugarín *et al.*, 1998). La cantidad total de iones de las sales disueltas en la solución nutritiva ejerce una fuerza llamada presión osmótica (Favela *et al.*, 2006), la cual es una propiedad coligativa de las soluciones que depende de la cantidad de solutos disueltos (Landowne, 2006).

Una medida indirecta para determinar la presión osmótica es la conductividad eléctrica (CE) (Favela *et al.*, 2006). Parámetro que se define como la capacidad de una disolución para transmitir la corriente eléctrica. La conducción de electricidad al aplicar un campo eléctrico se debe al movimiento de los iones en disolución, los cuales transfieren los electrones a la superficie de los electrodos para completar el paso de corriente (Hanna, 2011).

La medición de la CE se realiza a través de un conductivímetro y no debe descuidarse la calibración de este instrumento. Las unidades en que se mide la CE estimada a 25 °C son los

decisiemens por metro (dS m^{-1}) o milisiemens por centímetro (mS cm^{-1}), unidades que anteriormente eran conocidas como milimhos (mmho cm^{-1}) (Carrasco e Izquierdo, 1996).

La CE es una medida indirecta del potencial osmótico (Bautista, 2010). Este potencial siempre posee valores negativos y está determinado por la concentración de solutos o sustancias osmóticamente activas, y forma parte del potencial hídrico. El potencial hídrico total se define como la capacidad de las moléculas de agua para moverse en un sistema particular y comprende la influencia de varios potenciales, como los atribuibles a los efectos de los solutos (potencial osmótico), los derivados de los efectos de la presión (potencial de presión o de turgencia) y los efectos de las superficies (potencial mátrico) (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2008). Por convención, el potencial hídrico del agua pura a la presión atmosférica, y a la misma temperatura de la solución es igual a cero, de este modo el potencial hídrico de una solución acuosa tiene valor negativo; y las moléculas de agua se difunden de un potencial hídrico mayor a un potencial hídrico más bajo (Salisbury y Ross, 2000).

El potencial osmótico se obtiene mediante la expresión siguiente: $(CE) \times (-0.036)$. Se expresa en megapascales (MPa) (Sandoval *et al.*, 2008); o puede ser expresado como presión osmótica: $CE \times 0.36$ en atmósferas (atm.) en la que 1 atmósfera equivale a 101 325 Pa.

El potencial osmótico de la solución nutritiva es importante pues al disminuir su valor (debido al aumento de la concentración de nutrimentos) disminuye la energía libre del agua, afectando la absorción de nutrimentos, principalmente, de N, P, K, Ca y Mg (Bautista, 2010).

A menudo, la salinidad se calcula mediante la conductividad eléctrica de la solución (Lannetta y Colonna, 2006). En este caso la salinidad es la medida de la concentración de sales disueltas en agua (Abad y Noguera, 2000) y se expresa en gramos (o mg L^{-1}) de iones disueltos por litro de

agua. La CE de la solución nutritiva es función directamente proporcional de la concentración total de solutos (CTS); y existen relaciones empíricas mediante las cuales se calcula la concentración total de sales a partir del valor de la CE (Sandoval *et al.*, 2008). Entre las relaciones más utilizadas se encuentran las siguientes:

$$\text{CTS (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CE (CE en dS m}^{-1}\text{ a 25 }^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{Concentración total de cationes o aniones (meq L}^{-1}\text{)} = 10 \times \text{CE (dS m}^{-1}\text{)}$$

Sonneveld *et al.* (1999) sugieren la siguiente ecuación para determinar en forma indirecta la CE de una solución nutritiva:

$$\text{CE (dS m}^{-1}\text{)} = \Sigma \text{ de cationes (mmol L}^{-1}\text{)} \times 0.1$$

La CE mide la concentración de cationes o aniones en solución; por lo que, cuanto mayor es la cantidad de aniones o cationes mayor es la lectura de la CE. Los iones generalmente asociados con la salinidad son los siguientes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , H^{+} o NO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} , HCO_3^{-} , OH^{-} (USDA, 2001). Los micronutrientes se utilizan en concentraciones muy bajas en relación a los macronutrientes, por lo tanto, una aplicación adicional de éstos no aumenta significativamente la CE (Sonneveld y Voogt, 2009).

La CE requerida para obtener una óptima producción depende del tipo de cultivo (Juárez *et al.*, 2006) y de las condiciones ambientales (Sonneveld y Voogt, 2009). Steiner (1961) señala que diferencias en la presión osmótica de la solución nutritiva del orden de 0.2 atm. (0.55 dS m^{-1}) pueden provocar diferencias en el rendimiento. Por lo tanto, el monitoreo sistemático de la CE de la solución del suelo o sustrato es de gran importancia para obtener altos rendimientos y una óptima calidad (Sonneveld y Voogt, 2009).

3.1.1 Efectos de la salinidad sobre el crecimiento y rendimiento

Para la producción comercial de tomate Lara (1999) sugiere un valor óptimo de 2 dS m^{-1} . Aunque el tomate es considerado moderadamente tolerante a las sales (Marchese *et al.*, 2008); la especie presenta un umbral de tolerancia de 2.5 dS m^{-1} en la solución de la rizósfera y por cada dS m^{-1} superior a este umbral hay una reducción de 10% en rendimiento (Maas y Hoffman, 1977). Es decir, a una mayor concentración de elementos minerales en la solución nutritiva, la absorción de agua y, por ende, la de nutrientes disminuye afectando el crecimiento del cultivo (Carrasco e Izquierdo, 1996). Además, al incrementar la CE se presenta una reducción de la energía metabólica, debido a que las plantas destinan mayor energía para absorber agua y nutrientes lo que disminuye su desarrollo; por otra parte, una CE menor de 2 dS m^{-1} puede ser limitante para el cultivo de tomate (Lara, 1999). Sin embargo, su tolerancia a la salinidad varía en relación al genotipo y órgano de la planta (Marchese *et al.*, 2008).

Estudios en tomate señalan que al modificar la CE de la solución nutritiva se tiene un impacto significativo en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Romero-Aranda *et al.*, 2001; Goykovic y Saavedra, 2007; Marchese *et al.*, 2008; Juárez, 2009; Flores-González *et al.*, 2011).

Altos niveles de CE afectan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate en las formas siguientes: disminuyen el porcentaje de germinación y la longitud de la raíz; los tallos alcanzan menor altura; las hojas presentan desecación en los bordes, de modo que hay menos producción de fotoasimilados; el número y peso de los frutos también se afecta negativamente disminuyendo el rendimiento comercial; y se favorecen las deficiencias de calcio en los frutos (Goykovic y Saavedra, 2007).

Conductividades eléctricas mayores a 6 dS m^{-1} inducen absorción diferencial de nutrimentos y, por lo tanto, ocasionan desbalance entre éstos (Lara, 1999). Steiner (1980) al evaluar en tomate cuatro niveles de presión osmótica en la solución nutritiva inferiores a 6 dS m^{-1} (0.18, 0.36, 0.72 y 1.08 atm. , equivalentes a 0.5, 1, 2 y 3 dS m^{-1} respectivamente), encontró que la CE influye significativamente en la absorción de cationes, ya que al aumentar la CE se incrementó la concentración de K^+ en las plantas a expensas de Ca^{2+} , principalmente. También, se incrementa la concentración de P y, en menor medida, la de NO_3^- , ambos a costa de SO_4^{2-} ; es decir, no todos los nutrimentos son afectados en igual medida (Lara, 1999).

La CE apropiada para la producción de tomate está relacionada con las condiciones de humedad relativa, temperatura y luz (Lara, 1999). Sonneveld *et al.* (1991) señalan que valores de CE mayores a los requeridos son recomendables en condiciones de baja luminosidad para maximizar la producción y mejorar la calidad. La época del año también influye en el efecto de la CE que pueden soportar las plantas, pues en invierno éstas tienen mejor desarrollo con una CE alta que en el verano (Favela *et al.*, 2006).

3.1.2 Efectos de la salinidad en la calidad de frutos

Los frutos de tomate, que suministran nutrientes esenciales a la dieta humana (Peralta y Spooner, 2007), son una valiosa fuente de potasio, ácido fólico, vitamina C y licopeno. Este último es de importancia para la salud humana porque es un antioxidante natural (De Pascale *et al.*, 2003).

Los tomates comercializados se clasifican en cuatro tipos (CODEX STAN, 2008): redondos, asurcados, oblongos o alargados y tomates cereza o cóctel. La calidad de estos frutos puede dividirse con base en Battilani (2008) en los aspectos siguientes:

1) Calidad visual. Se refiere al tamaño y apariencia. Este tipo de calidad es el más conocido y común; involucra características como color, forma, volumen, aspecto de frescura, limpieza, sanidad y presencia de daños físicos.

2) Calidad industrial. Está estrechamente relacionada con la capacidad para procesar los frutos de tomate. Los criterios primarios para producir pasta de tomate son la concentración de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), e intensidad del color rojo; sin embargo, para la elaboración de otros productos se toman en cuenta características como la uniformidad del color, la acidez y la viscosidad.

3) Calidad de consumo. Los consumidores actuales se enfocan principalmente en el sabor. Desafortunadamente no existe un estándar sencillo para que los métodos disponibles evalúen objetivamente el sabor de los frutos, ya que la calidad organoléptica es un tanto subjetiva y está relacionada con aspectos culturales.

4) Calidad nutricional y nutracéutica. Los atributos comprendidos en este concepto se relacionan con el contenido relativo de carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y antioxidantes. Los alimentos nutracéuticos se definen como alimentos que pueden proporcionar beneficios para la salud más allá de las necesidades nutricionales básicas. Estos beneficios pueden ser conferidos por el producto si éste contiene niveles adecuados de fitoquímicos biológicamente activos como los carotenoides. Se ha encontrado que la oxidación ocasionada por los radicales libres es la causa de muchas enfermedades en los seres humanos, y la defensa más efectiva contra los radicales libres y los ataques oxidativos son los fitoquímicos antioxidantes. Por lo tanto, el consumo de alimentos ricos en compuestos bioactivos ha sido claramente vinculado a la mejora del sistema inmune, la prevención y reducción del cáncer y enfermedades cardiovasculares.

El licopeno es uno de los principales antioxidantes de los que se encuentran en frutos de tomate frescos y procesados. Este compuesto es responsable de dar el color rojo y su concentración en los frutos depende de la variedad cultivada; y temperaturas menores de 12 °C y mayores a 32 °C inhiben la biosíntesis de licopeno (Dumas *et al.*, 2003). En la actualidad la industria agroalimentaria ha mostrado un mayor interés en los alimentos con alto contenido de antioxidantes y otros compuestos nutraceuticos, por lo que el mercado de alimentos nutraceuticos es uno de los segmentos de más rápido crecimiento en la industria mundial de alimentos, que tendrán que ser suministrados con materia prima de alta calidad rica en compuestos bioactivos (Battilani, 2008).

Las características determinantes de la calidad de los frutos son afectadas por factores como la temperatura, la luz, la disponibilidad de agua, el pH y la CE (Battilani, 2008).

La CE de la solución nutritiva es un factor clave en el mejoramiento de la calidad de fruto en tomate (Dorais *et al.*, 2000). Diversos autores señalan que los cambios en los valores de la CE de la solución nutritiva permiten modificar la calidad nutritiva y de procesado en frutos de tomate (Albu-Yaron *et al.*, 1993; De Pascale *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2006; Incerti *et al.*, 2007; Sonneveld y Voogt, 2009; Schnitzler y Krauss, 2010; Juárez *et al.*, 2011).

La elevación de la CE arriba del umbral de tolerancia a la salinidad, ha mostrado resultados positivos en algunas características de calidad, como el color y el sabor, así como un incremento en las concentraciones de azúcares y ácidos; sin embargo, pueden presentarse reducciones en el rendimiento, por lo que es indispensable considerar el mercado al cual será destinado el tomate para realizar un balance entre calidad y rendimiento (Sonneveld y Voogt, 2009). También, el uso de NaCl y KCl mejora la calidad de fruto en tomate y esta estrategia es más económica que usar

una cantidad mayor de nutrimentos para incrementar la CE de la solución nutritiva (Dorais *et al.*, 2000).

3.2 Importancia de las poblaciones nativas de tomate

El tomate es originario del oeste de América del Sur (Peralta y Spooner, 2000) y México es considerado uno de sus centros de domesticación (Rick, 1978). El tomate fue domesticado en campos de maíz de México. Se propagó a Europa a inicios del año 1500 y desde ahí llegó a ser ampliamente distribuido; tiene ocho especies silvestres relacionadas, las cuales se han utilizado extensamente para mejorar su cultivo. Hay más de 75,000 accesiones de tomate conservadas en bancos de genes alrededor del mundo, los más grandes son AVDRC, TGRC y el banco de la USDA en Geneva, NY. Estos bancos mantienen grandes colecciones de especies silvestres relacionadas. Mientras que el tomate cultivado es autopolinizado, los otros taxa poseen una mezcla de poblaciones con polinización autogama, polinización cruzada obligada, autocompatibles y autoincompatibles. Esto ha dado lugar al desarrollo de metodologías y estándares para el mantenimiento del germoplasma de tomate para minimizar los efectos de la deriva génica, mutación y selección. El tomate cultivado ha sufrido un estrechamiento en la base de su germoplasma causado por cuellos de botella genéticos y de selección (Robertson y Labate, 2007).

El tomate es el cultivo más importante en la economía mundial (Peralta y Spooner, 2007). La superficie mundial dedicada a su producción es de 4 millones de hectáreas y cuenta con una producción de 108.5 millones de toneladas. La mayor utilización del germoplasma de tomate para mejorar su cultivo se ha realizado en los últimos 20 años, utilizando especies silvestres como fuentes de variación genética para resistencia o tolerancia a enfermedades y plagas, tolerancia a estrés abiótico y para mejorar la calidad de fruto (Robertson y Labate, 2007).

En las poblaciones nativas de tomate mexicano se encuentra una fuente importante de genes para ser utilizados con fines de mejoramiento de cultivares. Muestra de esto se encuentran en las diferentes investigaciones enfocadas al estudio de la variabilidad que existe en dichas poblaciones en caracteres de interés agronómico y de calidad de fruto.

Debido a que la base genética del tomate es reducida, Lobato *et al.* (2010) mencionan que dicha situación puede mejorarse haciendo uso de las poblaciones nativas en programas de conservación y mejoramiento, al encontrarse un polimorfismo en caracteres como color, forma de fruto, tamaño de fruto, peso de fruto, número de lóculos, número de frutos por racimo, longitud de racimo, color de hojas, entre otros.

En el Proyecto Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate mexicano (*Lycopersicon esculentum* M.) que se realiza en el Colegio de Postgraduados desde 2009 con apoyo del CONACYT, se han realizado diversos estudios que muestran la amplia diversidad que se da en características morfológicas de planta, flor y fruto de tomate, y aun en características determinantes de la calidad del fruto de tomate. Así, Moreno *et al.* (2011) evaluaron la diversidad morfológica de poblaciones nativas de tomate del centro, sur y sureste de México, encontrando una amplia variabilidad morfológica en características cuantitativas; el peso, el tamaño, y número y forma de fruto fueron las características que mostraron las mayores diferencias. Esta variabilidad de acuerdo a dichos autores se puede explicar por la forma del cultivo, manejo, y usos que los agricultores hacen de sus poblaciones y por las condiciones agroecológicas en las que se han desarrollado las poblaciones nativas. En tanto que, Sanjuan *et al.* (2011) encontraron variabilidad amplia para tolerancia a la salinidad, en 48 familias seleccionadas de una población nativa de tomate proveniente del estado de Puebla, México. En este grupo de genotipos al menos una familia seleccionada (112) mostró mayor tolerancia al

NaCl al nivel de 119 mM (12 dS m⁻¹), en comparación con los testigos comerciales Sun-7705 y Nun 290. En relación con la calidad del fruto, Salgado *et al.* (2011) encontraron una gran variabilidad en 31 poblaciones nativas de tomate originarias de siete regiones de México, en caracteres de calidad externa e interna del fruto y mencionan que esta variabilidad puede ser usada para el mejoramiento y desarrollo de variedades con mayor calidad de fruto. En tanto que, Juárez *et al.* (2011) en una evaluación del efecto de la concentración de la solución nutritiva en la calidad de frutos de genotipos nativos de tomate tipo cherry, encontraron que al incrementar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva de 0.5 a 2.0 dS m⁻¹ la mayoría de los parámetros de calidad mejoraron (firmeza, acidez titulable, sólidos solubles totales y licopeno), por lo que el factor nutrimental precosecha debe ser un elemento a considerar cuando se evalúa la calidad de genotipos nativos de tomate.

En cuanto a la respuesta de las poblaciones nativas al ataque de plagas y enfermedades, Arellano *et al.* (2010) y Cervantes *et al.* (2010) evaluaron su comportamiento ante *Phytophthora infestans* y el nemátodo *Meloidogyne incognita*, respectivamente; encontrando que dentro de las poblaciones evaluadas se encuentran genotipos resistentes a dichos factores bióticos.

En especies silvestres y cultivares de tomate se ha detectado variabilidad en la respuesta a la salinidad, siendo algunos genotipos más tolerantes que otros, de modo que estos pueden utilizarse como fuente de genes para su mejoramiento (Goykovic y Saavedra, 2007).

LITERATURA CITADA

- Abad B., M y P. Noguera M. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. *In: Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales.* C. Cadahía L. (ed.) 2ª edición. Madrid, España. pp: 287-342.
- Albu-Yaron, A., A. Feigin and L. Rylski. 1993. The quality of tomato for canning as affected by combined chloride, nitrate and osmotic potential of the nutrient solution. *Plant Foods for Human Nutrition* 43: 201-210.
- Arellano R., L. J., E. Rodríguez G., J. Ron P., J. L. Martínez R., J. de J. Sánchez G., H. Lozoya S. y J. Sánchez M. 2010. Identificación de fuentes de resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos de jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) provenientes del occidente de México. *In: Memoria de Resúmenes del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética.* SOMEFI. 27 de septiembre -1 de octubre. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp: 379.
- Battilani, A. 2008. Manipulating quality of horticultural crops with fertigation. *Acta Horticulturae* 792: 47-60.
- Bautista C., M.T. 2010. Potencial osmótico en la absorción nutrimental y calidad de fruto en chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 64 p.
- Borrego, F., A. López, J.M. Fernández, M. Murillo, S.A. Rodríguez, A. Reyes y J.M. Martínez. 2001. Evaluación agronómica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana* 12(1): 49-56.
- Bugarín M., R, G.A. Baca C., J. Martínez H., J.L. Tirado T., y A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.
- Campos B., C.A., P. Fernández D., H. Gheyi R., F. Blanco F., C. Gonçalves B. and S. A. Campos F. 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Sci. Agri. (Piracicaba, Braz.)* 63: 146-152.
- Carrasco, G. y J. Izquierdo. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante NFT. Universidad de Talca. Chile. pp:31-40.
- Carrasco, G., P. Ramírez y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. *IDESIA* 25: 59-62.
- Cervantes M., R., J. E. Rodríguez P., C. Carrillo F. y J. Sahagún C. 2010. Resistencia de 25 colectas de jitomates nativos de México al nemátodo *Meloidogyne incognita*. *In: Memoria de Resúmenes del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética.* SOMEFI. 27 de septiembre -1 de octubre. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp: 429.

- CODEX STAN. 2008. CODEX Standard for tomatoes: CODEX STAN 293. FAO/WHO Food Standards. CODEX alimentarius. Current Official Standards. http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en (revisado el 2 de abril de 2011).
- Cuartero, J. and R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:83-125.
- De Pascale, S., G. Angelino, G. Graziani, and A. Maggio 2003. Effects of salt stress on water relations and antioxidant activity in tomato. *Acta Horticulturae* 613: 39-46.
- Dorais, M., R. Dorval, D. Demers, D. Micevic, G. Turcotte, X. Hao, A. P. Papadopoulos, D.L. Ehret, and A. Gosselin. 2000. Improving tomato fruit quality by increasing salinity: effects on ion uptake, growth and yield. *Acta Horticulturae* 511: 185-196.
- Dumas, Y., M. Dadomo, G.D. Lucca, and P. Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83: 369-382.
- Favela C., E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. 146 p.
- Flores-González, D., M. Sandoval-Villa, P. Ramírez-Vallejo. P. Sánchez-García, and M.N. Rodríguez- García. 2011. Yield of genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of the nutrient solution. *In: Proceedings of II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics (ISSCH)*. ISHS (ed). 15- 19 mayo. Puebla, México. pp: 29.
- Goykovic C., V. y G. Saavedra del R. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA* 25: 47-58.
- Hanna Instruments. 2011. Conductividad eléctrica. Aspectos teóricos. <http://www.hannainst.es/biblioteca/index.php?pg=0&CodApartado=30&CodTema=50> (revisado el 2 de mayo de 2011).
- Incerti, A., F. Navari-Izzo, A. Pardossi, A. Mensuali, and R. Izzo. 2006. Effect of sea water on biochemical properties of fruit on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes differing for ethylene production. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2528-2537.
- Juárez H., M. J., G. A. Baca C., L. A. Aceves N., P. Sánchez G., J. L. Tirado T., J. Sahagún C. y M. T. Colinas L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31: 246-253.
- Juárez L., P. 2009. Producción y calidad de genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero e hidroponía. Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México. 97 p.

- Juárez L., P., R. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D. W. Reed, L. Cisneros Z. y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 5-9.
- Juárez L., P., D. W. Reed, M. Kent, L. Cisneros Z., S. King., R. Castro B., P. Ramírez V., M. Sandoval V., T. Colinas L. 2011. Efecto de la concentración de la solución nutritiva en la calidad de frutos de genotipos nativos de jitomate. *In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). 10-14 de abril. Culiacán, Sinaloa. México. pp:160.*
- Landowne, D. 2006. Cell Physiology. MacGraw-Hill Medical Publishing Division. Miami, FL, USA. 162 p.
- Lannetta, M. y M. Colonna. 2006. Salinisation. ENEA. Serie B. Folleto 3. Italia. 18 p.
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.
- Lobato O., R., V. Estrada T., J. J. García Z., J. D. Molina G., C. Ramírez H., M. A. Guzmán M. y A. Muratalla L. 2010. Caracterización morfológica de colectas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo de México. *In: Memoria de Resúmenes del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética. SOMEFI. 27 de septiembre -1 de octubre. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp: 418.*
- Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 103 (2): 115-134.
- Marchese, M., R. Tuttobene, A. Restuccia, A.M.G. Longo, G. Mauromicale, and G. Restuccia. 2008. Effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth and production of *Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme grown in greenhouse. Options Méditerranéennes 84: 311-315.
- Martínez S., J., A. Peña L., J. E. Rodríguez P., C. Villanueva V., J. Sahagún C. y M. G. Peña O. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 299-307.
- Moreno R., Y. R. 2010. Diversidad morfológica y agronómica de poblaciones nativas de jitomate del centro, sur y sureste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 129 p.
- Moreno R., Y. del R., P. Ramírez V., S. Miranda C., C. Saucedo V. y M. Sandoval V. 2010. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de jitomate del centro, sur y sureste de México. *In: Memoria de Resúmenes del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética. SOMEFI. 27 de septiembre -1 de octubre. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp: 81.*

- Muñoz R, J.J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In: J.Z. Castellanos (ed.). Manual de Producción de Tomate en Invernadero. (ed.). Intagri. Celaya, México. pp: 45-92.*
- Peralta, I.E. and D.M. Spooner. 2000. Clasificación de wild tomatoes: a review. *Kurtziana* 28(1): 45-54.
- Peralta, I. E. and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). *In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Volume 2: Tomato. Science Publishers (ed). Enfield, NH, USA. pp: 1-24.*
- Ramírez-Vallejo, P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. *In: Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. A. Benavides-Mendoza. (comp.). 8-10 de julio. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.*
- Ramos O., A., A. Carballo C., A. Hernández L., T. Corona T. y M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. *Agricultura Técnica de México* 32 (2): 213-223.
- Rick, C.M. 1978. El tomate. *In: Investigación y Ciencia. Prensa científica (ed). Barcelona, España. pp: 44-57.*
- Robertson, L. D. and J. A. Labate. 2007. Genetic resources of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and wild relatives. *In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Volume 2: Tomato. Science Publishers (ed). Enfield, NH, USA. pp: 25-75.*
- Romero-Aranda, R., T. Soria, and J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160:265-272.
- Salgado M., L., P. Ramírez V. y F. Utrera Q. 2010. Contenido de licopeno en acervos de jitomate mexicano. *In: Memorias del Foro Regional de Agricultura Sostenible. Díaz R., R., J.F. Álvarez G. y A. Huerta P. (eds.). Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C. Noviembre. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, México. pp: 35-38.*
- Salgado M., L., P. Ramírez V., M. N. Rodríguez G. y F. Utrera Q. 2011. Calidad externa de acervos genéticos regionales de jitomate nativos de México. *In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). 10-14 de abril. Culiacán, Sinaloa. México. pp: 155.*
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies Thomson Paraninfo. Madrid, España. 320 p.
- Sánchez-Díaz, M. y J. Aguirreolea. 2008. El agua en la planta. Movimiento del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera. *In: J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid, España. pp: 25-39.*

- Sandoval V., M., P. Sánchez G. y G. Alcántar G. 2008. Principios de la hidroponía y del fertirriego. *In: G. Alcántar G. y L.I. Trejo-Téllez. (eds). Nutrición de Cultivos. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa. México. pp. 373-438.*
- Sanjuan L., F., P. Ramírez V., P. Sánchez G., M. Livera M., M. Sandoval V. y J. C. Carrillo R. 2011. Variedades nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tolerantes a NaCl. *In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). 10-14 de abril. Culiacán, Sinaloa. México. pp:138.*
- Sevilla P., R. 2006. Conceptos básicos para la caracterización. Definiciones conceptuales básicas. *In: R. Estrada J., T. Medina H. y A. Roldán C. (eds). Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. INIEA. Lima, Perú. pp: 17-25.*
- Schnitzler, W. H. and S. Krauss. 2010. Quality and health promoting compounds of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under salinity. *Acta Horticulturae 856: 21-30.*
- Sonneveld, C., A. L. Van den Bos, A. M. M. Van der Burg, and W. Voogt. 1991. Fertigation in the greenhouse industry in the The Netherlands. *In: Fertigation/Chemigation, FAO, Rome. pp:186-193.*
- Sonneveld, C., W. Voogt, and L. Spaans. 1999. A universal algorithm for calculation of nutrient solutions. *Acta Horticulturae 481: 331-339.*
- Sonneveld, C. and W. Voogt. 2009. Nutrient management in substrate systems. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer (ed). New York. pp: 277-312.*
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil 15: 134-154.*
- Steiner, A. A. 1966. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant and Soil 24: 454-466.*
- Steiner, A. A. 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. *Acta Horticulturae 98: 87-97.*
- USDA (United States Department of Agriculture). 2001. Soil Quality Test Kit Guide. Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA. 82 p.

CAPÍTULO I. RENDIMIENTO DE GENOTIPOS NATIVOS DE TOMATE CULTIVADOS EN INVERNADERO E HIDROPONÍA^a

YIELD OF NATIVE GENOTYPES OF TOMATOES GROWN IN GREENHOUSE AND HYDROPONICS

Dalila Flores-González[§], Manuel Sandoval-Villa¹, Porfirio Ramírez-Vallejo²,
Prometeo Sánchez-García¹ y María Nicolasa Rodríguez-García²

^aArtículo escrito bajo las normas de AGROCIENCIA.

¹Postgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9510198. (msandoval@colpos.mx), (promet@colpos.mx). ²Postgrado en Genética. Colegio de Postgraduados. (ramirez@colpos.mx), (nico@colpos.mx). [§]Autor(a) para correspondencia: flores.dalia@colpos.mx

1.1 RESUMEN

En la actualidad es posible encontrar una gran diversidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en poblaciones nativas de México; algunas podrían presentar potencial de rendimiento y otras características de utilidad en la generación de variedades con bajos requerimientos de fertilización. Sin embargo, existen pocos estudios que muestren el potencial de rendimiento de estos genotipos cuando son cultivados en invernadero e hidroponía. Por lo anterior, esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el rendimiento de 100 genotipos nativos de tomate de Puebla, México. Se estableció un experimento completamente al azar con cuatro repeticiones. Se utilizó semilla de 100 genotipos derivados por selección de una población nativa de tomate y el híbrido comercial “Sun 7705” (Nunhems®, tipo saladette). Se cuantificó el rendimiento de fruto en cinco racimos y se clasificó la forma de fruto de los diferentes genotipos. De los genotipos nativos evaluados, 84 presentaron rendimientos estadísticamente similares al híbrido comercial “Sun 7705”. Las formas de fruto observados fueron bola, calabaza y tipo

pimiento morrón. Los genotipos nativos evaluados presentan potencial para ser cultivados en sistemas hidropónicos.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., poblaciones nativas, producción, sistemas hidropónicos.

1.2 ABSTRACT

Actually it is possible to find a wide variety of landraces tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Mexico. Some native populations may present potential for high yield and other features that could be used to generate varieties with low fertilization requirements. However, there are few studies evaluating the potential of yield these genotypes when grown in greenhouse and hydroponics. Therefore, this research was conducted in order to evaluate the potential of yield 100 genotypes of tomato native of Puebla, Mexico. An experiment was established in a completely randomized design with four replications. Seeds of 100 native genotypes plus a commercial hybrid "Sun 7705" (Nunhems ®, type saladette) were utilized. Fruit yield was quantified for five clusters and fruit were classified by fruit form. Of all the native genotypes evaluated, 84 had statistically similar yield to the commercial hybrid "Sun 7705". The fruit form observed were ball, squash and bell pepper type. Native genotypes tested showed potential to be grown in hydroponical systems.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill., landraces, production, hydroponic systems.

1.3 INTRODUCCIÓN

El rendimiento es la característica de mayor interés en los programas de mejoramiento y con ella se evalúa el éxito final de la mejora (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Los programas de mejoramiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) generalmente manejan una base genética estrecha (Carrillo y Chávez, 2010), por lo que es necesario documentar el potencial de

los acervos genéticos locales (Vásquez *et al.*, 2010) que pudieran servir como fuente de genes para mejorar la productividad y la calidad de este cultivo.

En el Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados, se lleva a cabo un proyecto para la conservación y aprovechamiento de la diversidad nativa de tomate, con la finalidad de evaluar el valor genético, morfológico, agronómico y nutracéutico de poblaciones nativas cultivadas de tomate (Ramírez, 2010). Una de las líneas de investigación de este proyecto tiene como objetivo evaluar el potencial y adaptación agronómica de tomates nativos cultivados en invernadero e hidroponía. Como parte de esta línea se llevó a cabo el presente estudio, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento de 100 genotipos derivados por selección de una población nativa de Puebla, México; además, seleccionar 10 genotipos sobresalientes con la finalidad de incrementarlos para obtener semilla necesaria para estudios posteriores, y para evaluar su comportamiento en diferentes niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en un invernadero tipo túnel del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, durante los meses de agosto de 2009 a abril de 2010, en un sistema hidropónico abierto.

Material vegetal

Se utilizó semilla de 100 genotipos derivados por selección de una población nativa de Puebla, México, conocida localmente como “jitomate chino”, obtenidos en el Proyecto de Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano en el Colegio de Postgraduados, auspiciado por el CONACYT. Los frutos de jitomate chino tienen gran aceptación, demanda local y generalmente tienen un sobrepeso sobre los tipos comerciales. Los genotipos, fueron seleccionados con base en sanidad, precocidad, y forma y tamaño de fruto, de

una población inicial de 4000 plantas. Como testigo se utilizó el híbrido comercial “Sun 7705” (Nunhems[®], tipo saladettee). Previamente a la siembra, las semillas fueron sumergidas en una solución de nitrato de potasio al 2% durante 48 horas. El trasplante se realizó 34 días después de la siembra. Las plantas fueron conducidas a un tallo.

Solución nutritiva

Se utilizó la solución nutritiva Steiner (1984) a 2 dS m^{-1} de conductividad eléctrica (-0.072 MPa), complementándola con micronutrientes. La solución se aplicó a partir del trasplante y el pH se mantuvo en un rango de 5.5 a 6.0.

Diseño experimental

Los genotipos se evaluaron con base en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, con un total de 404 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno negro (40x40) con “tezontle” (diámetro $\leq 12 \text{ mm}$) y una planta de tomate.

Variables evaluadas

Rendimiento

Se determinó considerando el peso total (g) de los frutos de cinco racimos por planta.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa Statistical Analysis Systems (SAS, V9, 2002) realizando un análisis de varianza y aplicando la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en el rendimiento (Cuadro 1.1). De los 100 genotipos nativos evaluados, 84 mostraron un rendimiento estadísticamente similar al híbrido

“Sun 7705” (Cuadro 1.2). Numéricamente, PUETHNE1-128 presentó el mayor rendimiento (2732 g). Los genotipos PUETHNE1-119, PUETHNE1-124, PUETHNE1-45, PUETHNE1-155, PUETHNE1-80, PUETHNE1-92, PUETHNE1-41, PUETHNE1-7, PUETHNE1-169, PUETHNE1-105, PUETHNE1-126, PUETHNE1-149, PUETHNE1-187, PUETHNE1-51, PUETHNE1-90, y PUETHNE1-198 mostraron el menor rendimiento.

Cuadro 1.1 Significancias estadísticas en rendimiento por planta (g planta⁻¹) de 100 genotipos derivados de una población nativa y un híbrido comercial de tomate. Montecillo, estado de México, 2010.

Fuentes de variación	Rendimiento
Genotipos	<.0001 [†]
Media	1583.5
CV (%)	31.52

[†] Significativo ($P \leq 0.01$); CV: Coeficiente de variación.

El intervalo de rendimiento en cinco racimos varió de 637.3 a 2732 g. Los valores encontrados en este estudio fueron superiores a los informados por Vásquez *et al.* (2010) quienes evaluaron la variación de caracteres morfológicos y agronómicos en muestras de jitomate nativo de la región sur de Puebla (Tehuacán-Tehuizingo) encontrando un intervalo de rendimiento en cinco racimos de 820 a 940 g en tomates tipo riñón cultivados en invernadero.

Los genotipos nativos presentaron una gran diversidad de forma de fruto. Por ejemplo, PUETHNE1-13 (Figura 1.1-g), PUETHNE1-97 (Figura 1.1-ññ) y PUETHNE1-198 (Figura 1.1-qqqq) presentaron frutos tipo bola; PUETHNE1-128 (Figura 1.1-fff), PUETHNE1-140 (Figura 1.1-mmm), PUETHNE1-172 (Figura 1.1-ffff), PUETHNE1-177 (Figura 1.1-hhhh) y PUETHNE1-197 (Figura 1.1-pppp) mostraron frutos tipo calabaza; el resto de los genotipos presentó frutos con forma de pimienta morrón.

Cuadro 1.2. Rendimiento de 100 genotipos nativos de tomate y un híbrido comercial.

	Genotipo	Clave	Rendimiento (g planta ⁻¹)		Genotipo	Clave	Rendimiento (g planta ⁻¹)
1	PUETHNE1-128	60	2732.0 a [†]	52	PUETHNE1-30	12	1579.1 abcde
2	“Sun 7705”	101	2642.1 ab	53	PUETHNE1-144	70	1548.7 abcde
3	PUETHNE1-197	98	2481.3 abc	54	PUETHNE1-179	90	1545.5 abcde
4	PUETHNE1-109	49	2462.0 abc	55	PUETHNE1-57	25	1515.1 abcde
5	PUETHNE1-13	7	2251.6 abcd	56	PUETHNE1-182	92	1510.6 abcde
6	PUETHNE1-135	65	2238.4 abcd	57	PUETHNE1-25	11	1480.5 abcde
7	PUETHNE1-115	53	2235.0 abcd	58	PUETHNE1-108	48	1475.4 abcde
8	PUETHNE1-35	15	2165.6 abcde	59	PUETHNE1-192	96	1471.5 abcde
9	PUETHNE1-107	47	2123.2 abcde	60	PUETHNE1-193	97	1465.1 abcde
10	PUETHNE1-33	13	2080.1 abcde	61	PUETHNE1-68	29	1438.1 abcde
11	PUETHNE1-40	16	2058.7 abcde	62	PUETHNE1-18	8	1433.6 abcde
12	PUETHNE1-20	9	2051.6 abcde	63	PUETHNE1-103	45	1420.9 abcde
13	PUETHNE1-140	67	2018.3 abcde	64	PUETHNE1-9	4	1403.2 abcde
14	PUETHNE1-8	3	1981.1 abcde	65	PUETHNE1-64	28	1398.5 abcde
15	PUETHNE1-70	30	1973.5 abcde	66	PUETHNE1-151	76	1393.8 abcde
16	PUETHNE1-48	22	1965.1 abcde	67	PUETHNE1-58	26	1375.2 abcde
17	PUETHNE1-86	38	1961.3 abcde	68	PUETHNE1-174	88	1372.9 abcde
18	PUETHNE1-185	93	1958.8 abcde	69	PUETHNE1-145	71	1356.9 abcde
19	PUETHNE1-157	80	1949.0 abcde	70	PUETHNE1-111	50	1348.3 abcde
20	PUETHNE1-44	19	1945.5 abcde	71	PUETHNE1-34	14	1335.7 abcde
21	PUETHNE1-153	77	1938.3 abcde	72	PUETHNE1-133	63	1332.5 abcde
22	PUETHNE1-91	39	1938.1 abcde	73	PUETHNE1-113	52	1317.7 abcde
23	PUETHNE1-165	83	1906.9 abcde	74	PUETHNE1-154	78	1317.0 abcde
24	PUETHNE1-161	82	1905.9 abcde	75	PUETHNE1-143	69	1274.9 abcde
25	PUETHNE1-112	51	1883.2 abcde	76	PUETHNE1-97	42	1261.8 abcde
26	PUETHNE1-100	44	1863.1 abcde	77	PUETHNE1-11	6	1258.3 abcde
27	PUETHNE1-117	55	1856.9 abcde	78	PUETHNE1-171	86	1248.0 abcde
28	PUETHNE1-120	57	1848.1 abcde	79	PUETHNE1-10	5	1238.0 abcde
29	PUETHNE1-134	64	1844.8 abcde	80	PUETHNE1-62	27	1223.0 abcde
30	PUETHNE1-84	35	1837.2 abcde	81	PUETHNE1-131	62	1218.3 abcde
31	PUETHNE1-54	23	1780.1 abcde	82	PUETHNE1-73	33	1213.2 abcde
32	PUETHNE1-56	24	1775.3 abcde	83	PUETHNE1-96	41	1209.8 abcde
33	PUETHNE1-177	89	1759.5 abcde	84	PUETHNE1-150	75	1199.4 abcde
34	PUETHNE1-166	84	1745.2 abcde	85	PUETHNE1-199	100	1197.0 abcde
35	PUETHNE1-130	61	1714.2 abcde	86	PUETHNE1-119	56	1176.7 bcde
36	PUETHNE1-116	54	1701.3 abcde	87	PUETHNE1-124	58	1173.4 bcde
37	PUETHNE1-99	43	1691.2 abcde	88	PUETHNE1-45	20	1163.4 bcde
38	PUETHNE1-46	21	1683.0 abcde	89	PUETHNE1-155	79	1161.6 bcde
39	PUETHNE1-190	95	1681.8 abcde	90	PUETHNE1-80	34	1159.8 bcde
40	PUETHNE1-22	10	1678.2 abcde	91	PUETHNE1-92	40	1143.5 bcde
41	PUETHNE1-181	91	1659.3 abcde	92	PUETHNE1-41	17	1125.2 bcde
42	PUETHNE1-137	66	1659.0 abcde	93	PUETHNE1-7	2	1120.0 bcde
43	PUETHNE1-72	32	1646.1 abcde	94	PUETHNE1-169	85	1117.1 bcde
44	PUETHNE1-148	73	1645.9 abcde	95	PUETHNE1-105	46	1091.7 cde
45	PUETHNE1-141	68	1644.1 abcde	96	PUETHNE1-126	59	1019.1 cde
46	PUETHNE1-172	87	1637.4 abcde	97	PUETHNE1-149	74	977.8 cde
47	PUETHNE1-2	1	1635.2 abcde	98	PUETHNE1-187	94	901.3 de
48	PUETHNE1-147	72	1629.2 abcde	99	PUETHNE1-51	18	676.1 e
49	PUETHNE1-85	37	1618.0 abcde	100	PUETHNE1-90	36	666.6 e
50	PUETHNE1-158	81	1585.4 abcde	101	PUETHNE1-198	99	637.3 e
51	PUETHNE1-71	31	1584.8 abcde				

[†] Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).



a. Fruto de genotipo
PUETHNE1-2



b. Fruto de genotipo
PUETHNE1-7



c. Fruto de genotipo
PUETHNE1-8



d. Fruto de genotipo
PUETHNE1-9



e. Fruto de genotipo
PUETHNE1-10



f. Fruto de genotipo
PUETHNE1-11



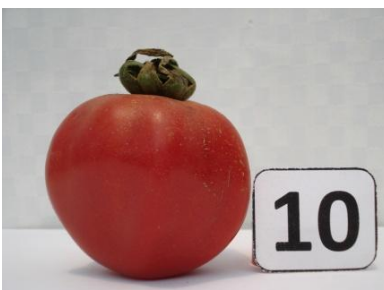
g. Fruto de genotipo
PUETHNE1-13



h. Fruto de genotipo
PUETHNE1-18



i. Fruto de genotipo
PUETHNE1-20



j. Fruto de genotipo
PUETHNE1-22



k. Fruto de genotipo
PUETHNE1-25



l. Fruto de genotipo
PUETHNE1-30

Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



m. Fruto de genotipo
PUETHNE1-33



n. Fruto de genotipo
PUETHNE1-34



ñ. Fruto de genotipo
PUETHNE1-35



o. Fruto de genotipo
PUETHNE1-40



p. Fruto de genotipo
PUETHNE1-41



q. Fruto de genotipo
PUETHNE1-51



r. Fruto de genotipo
PUETHNE1-44



s. Fruto de genotipo
PUETHNE1-45



t. Fruto de genotipo
PUETHNE1-46



u. Fruto de genotipo
PUETHNE1-48



v. Fruto de genotipo
PUETHNE1-54



w. Fruto de genotipo
PUETHNE1-56

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



x. Fruto de genotipo
PUETHNE1-57



y. Fruto de genotipo
PUETHNE1-58



z. Fruto de genotipo
PUETHNE1-62



aa. Fruto de genotipo
PUETHNE1-64



bb. Fruto de genotipo
PUETHNE1-68



cc. Fruto de genotipo
PUETHNE1-70



dd. Fruto de genotipo
PUETHNE1-71



ee. Fruto de genotipo
PUETHNE1-72



ff. Fruto de genotipo
PUETHNE1-73



gg. Fruto de genotipo
PUETHNE1-80



hh. Fruto de genotipo
PUETHNE1-84



ii. Fruto de genotipo
PUETHNE1-90

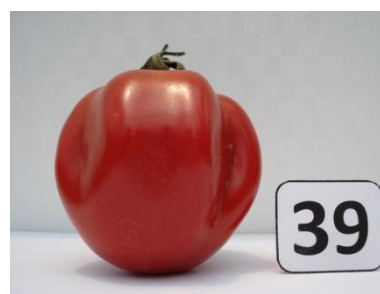
...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



jj. Fruto de genotipo
PUETHNE1-85



kk. Fruto de genotipo
PUETHNE1-86



ll. Fruto de genotipo
PUETHNE1-91



mm. Fruto de genotipo
PUETHNE1-92



nn. Fruto de genotipo
PUETHNE1-96



ññ. Fruto de genotipo
PUETHNE1-97



oo. Fruto de genotipo
PUETHNE1-99



pp. Fruto de genotipo
PUETHNE1-100



qq. Fruto de genotipo
PUETHNE1-103



rr. Fruto de genotipo
PUETHNE1-105



ss. Fruto de genotipo
PUETHNE1-107



tt. Fruto de genotipo
PUETHNE1-108

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



uu. Fruto de genotipo
PUETHNE1-109



vv. Fruto de genotipo
PUETHNE1-111



ww. Fruto de genotipo
PUETHNE1-112



xx. Fruto de genotipo
PUETHNE1-113



yy. Fruto de genotipo
PUETHNE1-115



zz. Fruto de genotipo
PUETHNE1-116



aaa. Fruto de genotipo
PUETHNE1-117



bbb. Fruto de genotipo
PUETHNE1-119



ccc. Fruto de genotipo
PUETHNE1-120



ddd. Fruto de genotipo
PUETHNE1-124



eee. Fruto de genotipo
PUETHNE1-126



fff. Fruto de genotipo
PUETHNE1-128

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



ggg. Fruto de genotipo
PUETHNE1-130



hhh. Fruto de genotipo
PUETHNE1-131



iii. Fruto de genotipo
PUETHNE1-133



jjj. Fruto de genotipo
PUETHNE1-134



kkk. Fruto de genotipo
PUETHNE1-135



lll. Fruto de genotipo
PUETHNE1-137



mmm. Fruto de genotipo
PUETHNE1-140



nnn. Fruto de genotipo
PUETHNE1-141



ñññ. Fruto de genotipo
PUETHNE1-143



ooo. Fruto de genotipo
PUETHNE1-144



ppp. Fruto de genotipo
PUETHNE1-145



qqq. Fruto de genotipo
PUETHNE1-147

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



rrr. Fruto de genotipo
PUETHNE1-148



sss. Fruto de genotipo
PUETHNE1-149



ttt. Fruto de genotipo
PUETHNE1-150



uuu. Fruto de genotipo
PUETHNE1-151



vvv. Fruto de genotipo
PUETHNE1-153



www. Fruto de genotipo
PUETHNE1-154



xxx. Fruto de genotipo
PUETHNE1-155



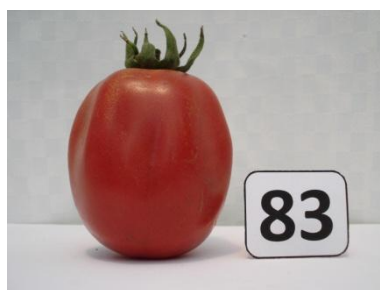
yyy. Fruto de genotipo
PUETHNE1-157



zzz. Fruto de genotipo
PUETHNE1-158



aaaa. Fruto de genotipo
PUETHNE1-161



bbbb. Fruto de genotipo
PUETHNE1-165



cccc. Fruto de genotipo
PUETHNE1-166

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



dddd. Fruto de genotipo
PUETHNE1-169



eeee. Fruto de genotipo
PUETHNE1-171



ffff. Fruto de genotipo
PUETHNE1-172



gggg. Fruto de genotipo
PUETHNE1-174



hhhh. Fruto de genotipo
PUETHNE1-177



iiii. Fruto de genotipo
PUETHNE1-179



jjjj. Fruto de genotipo
PUETHNE1-181



kkkk. Fruto de genotipo
PUETHNE1-182



llll. Fruto de genotipo
PUETHNE1-185



mmmm. Fruto de genotipo
PUETHNE1-187



nnnn. Fruto de genotipo
PUETHNE1-190



ññññ. Fruto de genotipo
PUETHNE1-192

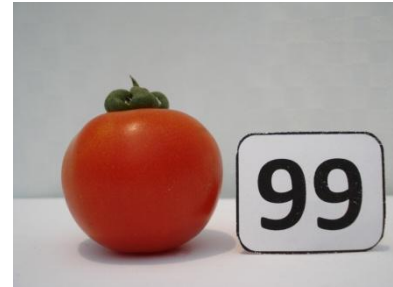
...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.



oooo. Fruto de genotipo
PUETHNE1-193



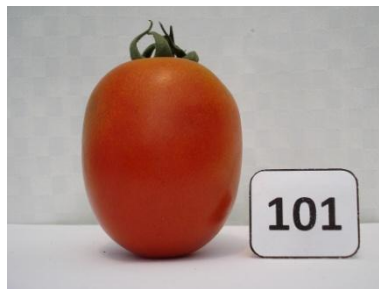
pppp. Fruto de genotipo
PUETHNE1-197



qqqq. Fruto de genotipo
PUETHNE1-198



rrrr. Fruto de genotipo
PUETHNE1-199



ssss. Fruto de "Sun 7705"

...continuación Figura 1.1. Frutos de 100 genotipos nativos de tomate.

La diversidad de formas contenida en este grupo de genotipos representa una rica fuente de genes para producir cultivares con formas de fruto atractivas para el mercado.

Al final del experimento se realizó la extracción de semilla de los frutos de cada genotipo para evaluar, en un experimento posterior (Capítulo II y III), el rendimiento y calidad de los 10 genotipos más sobresalientes (Anexo A) de este primer experimento cultivándolos en diferentes niveles de conductividad eléctrica.

1.6 CONCLUSIONES

La mayoría de los genotipos nativos evaluados (84 %) no mostraron diferencias significativas respecto al híbrido comercial “Sun 7705”, lo que muestra que en estas poblaciones es posible encontrar genotipos individuales de alto valor agronómico y potencial productivo.

La variación amplia observada en formas, tamaños y rendimiento de fruto en el conjunto de genotipos evaluados, derivados por selección de una sola población nativa, muestra el potencial genético de estas poblaciones para ser cultivadas en invernadero e hidroponía.

1.7 LITERATURA CITADA

- Carrillo R., J. C. y J. L. Chávez S. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 1-6.
- Cuartero, J. and R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- Ramírez V. P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. *In: Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura*. Benavides-Mendoza, A. (comp.). 8-10 de julio. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.
- Vásquez O., R., J.C. Carrillo R. y P. Ramírez V. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2): 49-64.

CAPÍTULO II. EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS NATIVOS DE TOMATE ES AFECTADO POR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA^a

YIELD OF NATIVE GENOTYPES OF TOMATO AS AFFECTED BY ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE NUTRIENT SOLUTION

Dalila Flores-González^{1§}, Manuel Sandoval-Villa¹, Porfirio Ramírez-Vallejo²,
Prometeo Sánchez-García¹ y María Nicolasa Rodríguez-García²

^aArtículo enviado a ISHS (International Society for Horticultural Science) para su publicación en Acta Horticulturae (www.actahort.org), la presentación oral de este trabajo fue realizada el 19 de mayo del 2011 en el II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics, en Puebla, México.

¹Postgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9510198. (msandoval@colpos.mx), (promet@colpos.mx). ²Postgrado en Genética. Colegio de Postgraduados. (ramirez@colpos.mx), (nico@colpos.mx). [§]Autor(a) para correspondencia: flores.dalia@colpos.mx

2.1 RESUMEN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las especies con mayor superficie cultivada y producción mundial. México es considerado el centro de domesticación de este cultivo; sin embargo, existen pocos estudios sobre genotipos nativos de tomate que podrían presentar potencial para obtener frutos de alta calidad organoléptica y comercial y adaptar su cultivo a condiciones de invernadero e hidroponía bajo diferentes niveles de nutrición. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner sobre el crecimiento y rendimiento de genotipos nativos de tomate de Puebla, México. Se estableció un experimento factorial con tres niveles de CE (1, 2 y 3 dS m⁻¹), diez genotipos nativos (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107,

PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) y dos tomates híbridos comerciales como testigos, “Caiman” (Enza Zaden®, tipo bola) y “Sun 7705” (Nunhems®, tipo saladette). Se evaluó altura de planta, diámetro de tallo, número total de hojas, materia seca de tallos y hojas, rendimiento de cuatro racimos, longitud y anchura de fruto. Se observó una disminución de la altura de planta al incrementar la CE; la materia seca presentó una relación directa con la CE. Entre genotipos, PUETHNE1-128, presentó un rendimiento similar a “Caiman”, “Sun 7705” fue superado por los dos genotipos antes mencionados pero su rendimiento fue estadísticamente igual al resto de los genotipos nativos evaluados.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., crecimiento, producción, hidroponía, salinidad.

2.2 ABSTRACT

The tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is the crop with higher acreage and global production. Mexico is considered the center of domestication of this crop, but there are few studies on the potential and adaptation of native genotypes that may have the potential to compete with commercial genotypes, in terms of yield and quality, and can be cultivated in greenhouse and hydroponics and with low fertilizer requirements. The objective of this research was to evaluate the effect of the electrical conductivity (EC) of the Steiner nutrient solution on yield and growth of native genotypes of tomato from Puebla, Mexico. It was established a factorial experiment consisting of the combination of three EC (1, 2 y 3 dS m⁻¹; -0.036, -0.072 y -0.108 MPa, respectively), ten native genotypes (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) and two commercial hybrids as controls: “Caiman” (Enza Zaden®, beef type) and “Sun 7705” (Nunhems®, saladettee type). Height of plant, diameter of

stem, number of leaves, dry matter of stem and leaves, yield of four clusters as well as long and wide of fruit were evaluated. A decrease of plant height was observed as EC was increased. Dry matter was directly related to the EC. Among genotypes, PUETHNE1-128 presented a yield similar to “Caiman” and “Sun 7705” was surpassed by the above-mentioned genotypes, but this yield was equal to the rest of the native genotypes evaluated.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill., growth, production, hydroponics, salinity.

2.3 INTRODUCCIÓN

El tomate es originario del oeste de América del Sur (Peralta y Spooner, 2000); México es considerado uno de sus centros de domesticación (Rick, 1978) lugar en donde las variedades nativas muestran una enorme variación genética y diversidad en características agromorfológicas (Ramírez, 2010). Las variedades nativas o autóctonas son aquellas que los agricultores usan de forma tradicional, y que no han pasado por algún proceso de mejoramiento sistemático y científicamente controlado (Sevilla, 2006).

Diversos autores (Juárez *et al.*, 2009; Ramírez, 2010; Vásquez *et al.*, 2010) insisten en la importancia de estudiar y documentar los potenciales de genotipos nativos y con ello formular estrategias de conservación y aprovechamiento, donde su uso inmediato sea la generación de variedades mejoradas.

En la actualidad, existen pocos estudios que permitan conocer el comportamiento de estas variedades o genotipos en relación a los híbridos, y más aún en hidroponía (Juárez *et al.*, 2009).

La hidroponía permite producir plantas en solución nutritiva, por este medio son proporcionados los nutrimentos esenciales para el desarrollo del cultivo (Favela *et al.*, 2006). La concentración de nutrimentos en la solución nutritiva está directamente relacionada con la conductividad eléctrica (CE) (Lara, 1999).

La CE es uno de los factores que determina el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos (Bugarín *et al.*, 1998). El tomate es medianamente tolerante a la salinidad y esta tolerancia varía en relación al genotipo y órgano de la planta (Cuartero *et al.*, 2006; Marchese *et al.*, 2008); el tomate presenta un umbral de tolerancia de la CE de 2.5 dS m^{-1} y se obtiene una reducción de 10% en el rendimiento por cada dS m^{-1} superior a este umbral en la rizósfera de la planta (Maas y Hoffman, 1977; Chinnusamy *et al.*, 2005). Lara (1999) sugiere un valor óptimo de 2 dS m^{-1} para la producción de tomate.

En Puebla, México, existe una población nativa de tomate conocida localmente como “chino” la cual se distingue por presentar un follaje parcialmente enrollado, frutos con forma de pimiento morrón y hábito de crecimiento indeterminado, estas características le han conferido una gran aceptación y demanda local, aunque no existen estudios sobre el potencial y adaptación agronómica de estos genotipos para cultivarse en invernadero e hidroponía (Ramírez, 2010).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de conductividad eléctrica ($1, 2$ y 3 dS m^{-1} ; $-0.036, -0.072$ y -0.108 MPa , respectivamente) de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento y rendimiento de diez genotipos obtenidos de una población nativa de Puebla, México, e identificar aquellos que presenten potencial para ser cultivados en sistemas hidropónicos.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, durante los meses de junio a diciembre de 2010, utilizando un sistema hidropónico abierto y “tezontle” como sustrato.

Material vegetal

Se utilizó semilla de diez genotipos de una población nativa de Puebla, México, obtenidos por el Proyecto de evaluación integral de la diversidad cultivada de jitomate mexicano (CONACYT), en el Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados. Estos genotipos mostraron características potenciales para producirse en hidroponía en un experimento previo y fueron designados en la forma siguiente: PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135 y PUETHNE1-197. Como testigos se usaron dos tomates híbridos comerciales, “Caiman” (Enza Zaden[®], tipo bola) y “Sun 7705” (Nunhems[®], tipo saladettee). Previo a la siembra, las semillas de todos los genotipos fueron desinfectadas mediante el método descrito por García (2009); el trasplante se realizó a los 33 días después de la siembra, las plantas fueron conducidas a un tallo. Durante el desarrollo del cultivo algunos frutos fueron removidos para dejar seis frutos por racimo en todas las unidades experimentales.

Solución nutritiva

Se utilizó la solución nutritiva Steiner (1984) en concentraciones que representaron 1, 2 y 3 dS m⁻¹ complementándola con micronutrientes; la solución se aplicó a partir del trasplante, el volumen de riego diario fue de 0.25 a 2.0 litros por planta dependiendo de la etapa de crecimiento. El pH de la solución se mantuvo en un rango de 5.5 a 6.0. El monitoreo y ajuste de pH se realizó usando ácido sulfúrico y un potenciómetro (Conductronic PC18, Puebla, México).

Diseño experimental

Se estableció un diseño factorial (3 x 12) completamente al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron tres niveles de CE (1, 2 y 3 dS m⁻¹; -0.036, -0.072 y -0.108 MPa, respectivamente) de

la solución nutritiva Steiner (1984) en combinación con diez genotipos nativos y dos tomates híbridos comerciales, obteniendo un total de 180 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno negro (40x40) calibre 700 con “tezontle” (diámetro ≤ 12 mm) y una planta de tomate.

Variables evaluadas

Altura de planta y diámetro de tallo

Se determinaron a los 123 días después del trasplante. La altura se midió con un flexómetro, desde el sitio donde se ubican las hojas cotiledonares hasta el punto de unión del quinto racimo, la lectura se reportó en centímetros. El diámetro se midió con un vernier graduado en mm en la base del tallo, donde se ubican los cotiledones.

Número de hojas

Se contó el número total de hojas por planta desde la base hasta el quinto racimo.

Materia seca de hojas y tallo

Se colocó la parte aérea de la planta (tallo y hojas por separado) en una estufa durante 72 horas a una temperatura de 70 °C y después se determinó el peso en gramos con una balanza analítica.

Largo y ancho de fruto

Se midió con un vernier graduado en mm en cada uno de los frutos de cuatro racimos por unidad experimental.

Rendimiento

Se determinó considerando el peso total de los frutos de cuatro racimos por planta.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el programa Statistical Analysis Systems (SAS, V9, 2002); se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

En esta variable se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en los factores CE y genotipos (Cuadro 2.1). El incremento de la CE disminuyó la altura de la planta (Cuadro 2.2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Romero *et al.* (2001) y Goykovic y Saavedra (2007) quienes señalan que el crecimiento y la altura de la planta disminuyen con el incremento de la salinidad. Cinco genotipos (PUETHNE1-13, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-115 y PUETHNE1-197) fueron estadísticamente iguales a “Caiman” y “Sun 7705” que fueron los que presentaron las menores alturas (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.1. Significancias estadísticas para altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas y materia seca de tallo y hojas (g) en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Fuentes de variación	Altura de planta	Diámetro de tallo	Número de hojas	Materia seca de tallo	Materia seca de hojas
CE	0.0003 [†]	0.0001 [†]	0.1824	<.0001 [†]	<0.001 [†]
Genotipo	<.0001 [†]	<.0001 [†]	<.0001 [†]	<.0001 [†]	<0.001 [†]
CE*Genotipo	0.3376	0.0160 [‡]	0.6070	0.2201	0.0574
Media	156.90	18.26	22.52	53.87	102.14
CV (%)	10.34	13.71	8.17	21.25	21.09

[†] Significativo ($P \leq 0.01$); [‡] significativo ($P \leq 0.05$); CV: Coeficiente de variación.
<: El valor es menor al indicado.

Cuadro 2.2. Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y materia seca de tallo y hojas en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Factores	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas	Materia seca de tallo (g)	Materia seca de hojas (g)
CE (dS m ⁻¹)					
1.0	163.48 a [†]	17.12 b	22.8 a	42.9 c	72.8 c
2.0	151.21 b	18.70 a	22.2 a	53.7 b	104.8 b
3.0	156.01 b	18.96 a	22.7 a	64.8 a	128.7 a
Genotipos					
PUETHNE1-13	139.86 c	16.98 cd	20.1 ef	42.7 def	80.3 fgh
PUETHNE1-33	178.13 a	18.70 abc	25.5 ab	66.2 ab	118.7 abcd
PUETHNE1-35	143.33 c	18.15 abc	21.0 de	43.2 def	87.9 efgh
PUETHNE1-40	150.13 bc	17.93 bc	24.3 abc	58.7 bc	98.6 cdefg
PUETHNE1-107	170.26 a	20.99 a	24.1 abc	72.8 a	129.1 ab
PUETHNE1-109	173.26 a	17.58 bc	25.3 ab	64.7 ab	123.4 abc
PUETHNE1-115	150.53 bc	20.15 ab	22.1 cde	55.8 bcd	110.1 abcde
PUETHNE1-128	163.73 ab	18.69 abc	23.1 cd	50.7 cde	105.2 bcdef
PUETHNE1-135	175.33 a	19.89 abc	25.9 a	66.4 ab	131.6 a
PUETHNE1-197	149.00 bc	18.78 abc	23.5 bc	55.1 bcd	97.0 defg
“Sun 7705”	142.20 c	17.27 bc	17.4 g	37.6 ef	74.6 gh
“Caiman”	147.06 bc	14.01 d	18.1 fg	32.1 f	68.7 h

[†] Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Diámetro de tallo

Se encontraron efectos significativos ($P \leq 0.01$) en CE y genotipos, así como en la interacción de ambos (Cuadro 2.1). La CE de 2 y 3 dS m⁻¹ presentó el mismo efecto en esta variable, siendo en promedio 9% superior con respecto al valor obtenido en 1 dS m⁻¹ (Cuadro 2.2). El genotipo PUETHNE1-107 presentó el mayor diámetro (20.99 mm) pero sin diferencias estadísticas con los genotipos PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135 y PUETHNE1-197 y superando en 33% a “Caiman” que mostró el menor diámetro de tallo (14.01 mm) (Cuadro 2.2). Además, ambos factores (CE y genotipos) mostraron una interacción

significativa ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2.1), lo cual representa que la respuesta de los genotipos no fue la misma en cada uno de los niveles de CE evaluados (LeClerg *et al.*, 1962) (Figura 2.1). Entre las combinaciones CE*Genotipos, PUETHNE1-107 cultivado a 3 dS m^{-1} presentó el mayor diámetro (22.29 mm) sin diferencias estadísticas con 30 combinaciones; el híbrido “Caimán” cultivado a 1 dS m^{-1} mostró el menor diámetro de tallo (12.77 mm). Los genotipos nativos evaluados podrían representar una alternativa para ser utilizados como portainjertos.

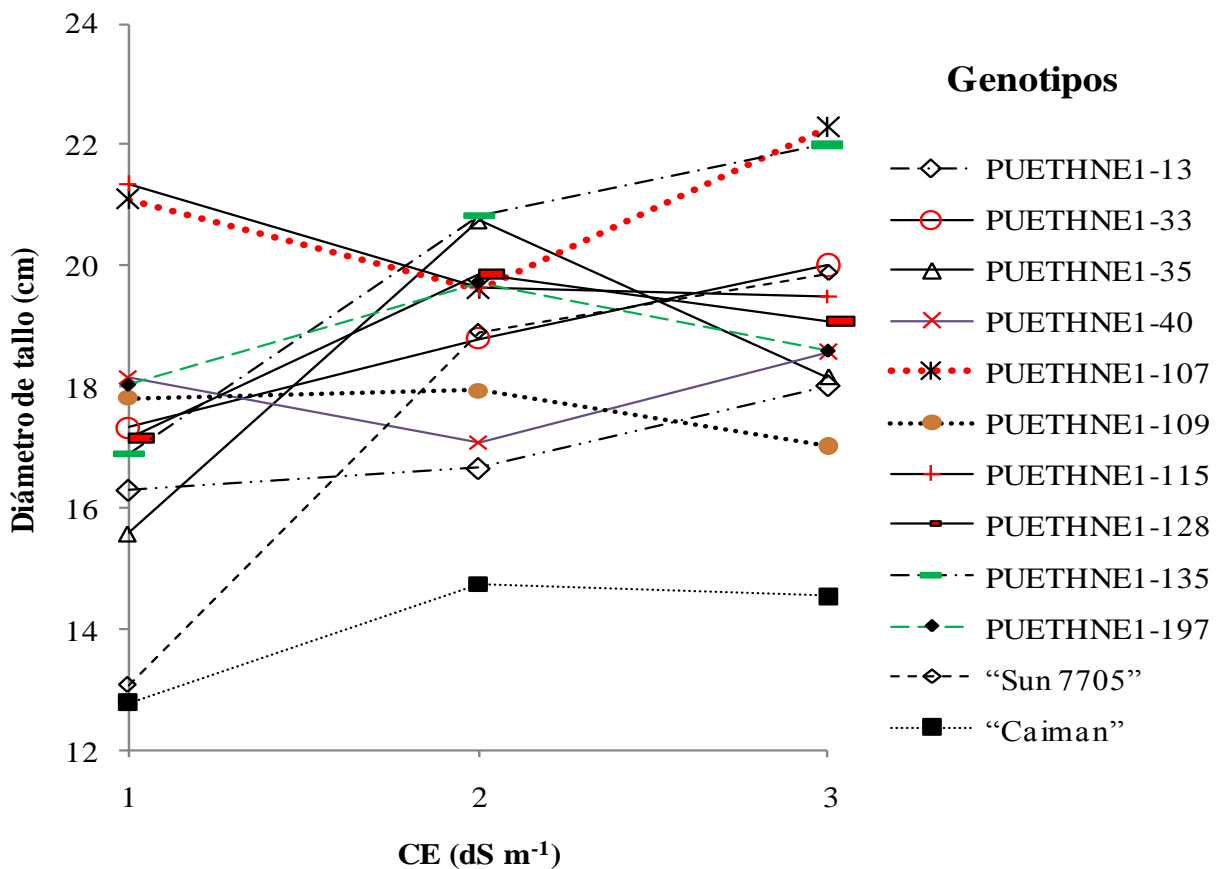


Figura 2.1. Influencia de la interacción conductividad eléctrica (CE)*genotipos, sobre el diámetro de tallo de diferentes genotipos de tomate.

Número de hojas

Únicamente se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos (Cuadro 2.1). PUETHNE1-135, PUETHNE1-33, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107 y PUETHNE1-109 presentaron el mayor número de hojas. Los híbridos comerciales “Sun 7705”, “Caiman” y el genotipo nativo PUETHNE1-13 mostraron el menor número de hojas (Cuadro 2.2).

Materia seca de tallo y hojas

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en los dos factores evaluados (Cuadro 2.1); ambas variables mostraron una relación directa con la CE (Cuadro 2.2). Los genotipos PUETHNE1-107, PUETHNE1-33, PUETHNE1-109 y PUETHNE1-135 mostraron la mayor cantidad de materia seca de tallo; el híbrido comercial “Caiman”, “Sun 7705”, PUETHNE1-13 y PUETHNE1-35 (Cuadro 2.2) presentaron el valor más bajo de materia seca de tallo. En materia seca de hojas PUETHNE1-135 mostró el valor más alto (131.6 g) superando en 48% al híbrido comercial “Caiman” que presentó la menor cantidad de materia seca de hojas (68.7 g); “Sun 7705” y los genotipos PUETHNE1-13, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40 y PUETHNE1-197 fueron estadísticamente iguales a “Caiman” (Cuadro 2.2).

Largo y ancho de fruto

La variable ancho de fruto mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) por efecto de la CE; se observó un mayor ancho de fruto al incrementar la CE (Cuadro 2.3). En la variable largo de fruto PUETHNE1-13 mostró el menor valor (55.01 mm) sin diferencia estadística con el híbrido “Caiman”; PUETHNE1-115 mostró valor más alto (68.85 mm) y fue similar a “Sun 7705”; “Caiman” mostró el mayor ancho de fruto o diámetro ecuatorial (74.96 mm) pero fue

estadísticamente igual a PUETHNE1-128 y PUETHNE1-197. El híbrido comercial “Sun 7705” presentó el menor diámetro ecuatorial (57.06 mm) (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.3. Significancias estadísticas en largo y ancho de fruto (mm) y rendimiento por planta (g planta⁻¹) en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Fuentes de variación	Largo de fruto	Ancho de fruto	Rendimiento
CE	0.6957	<.0001 [†]	<.0001 [†]
Genotipo	<.0001 [†]	<.0001 [†]	<.0001 [†]
CE*Genotipo	0.9891	0.5221	0.5230
Media	62.38	63.81	3049
CV (%)	7.98	6.28	18.19

[†] Significativo ($P \leq 0.01$); CV: Coeficiente de variación.

<: El valor es menor al indicado.

Cuadro 2.4. Largo y ancho de fruto en diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Factores	Largo de fruto (mm)	Ancho de fruto (mm)
CE (dS m ⁻¹)		
1.0	61.99 a [†]	61.00 b
2.0	62.77 a	65.01 a
3.0	62.38 a	65.44 a
Genotipos		
PUETHNE1-13	55.01 e	61.43 bcde
PUETHNE1-33	65.78 ab	63.03 bcd
PUETHNE1-35	63.36 abcd	59.71 cde
PUETHNE1-40	64.47 abc	58.65 de
PUETHNE1-107	61.15 bcd	57.32 e
PUETHNE1-109	59.42 cde	65.09 b
PUETHNE1-115	68.85 a	62.76 bcd
PUETHNE1-128	62.04 bcd	70.65 a
PUETHNE1-135	67.11 ab	64.02 bc
PUETHNE1-197	57.88 de	71.13 a
“Sun 7705”	65.43 abc	57.06 e
“Caiman”	58.09 de	74.96 a

[†] Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Rendimiento

El rendimiento de tomate fue significativamente afectado ($P \leq 0.01$) por CE y genotipos (Cuadro 2.3) (Anexo B). La reducción de la CE (de 2 a 1 dS m⁻¹) provocó una disminución del 15% en el rendimiento; sin embargo, el rendimiento obtenido con 2 dS m⁻¹ (3171 g) no mostró diferencia estadística con el obtenido a 3 dS m⁻¹ (3275 g) (Figura 2.2). Es decir, al superar el umbral de tolerancia de salinidad (2.5 dS m⁻¹) no se observó una reducción en el rendimiento. Entre genotipos, “Caiman” y PUETHNE1-128 presentaron los mayores rendimientos; “Sun 7705” fue superado por los genotipos antes señalados, pero su rendimiento fue igual al resto de los genotipos nativos evaluados (Figura 2.3). Entre las combinaciones CE* Genotipos, el híbrido “Caiman” cultivado a 3 dS m⁻¹ presentó el mayor rendimiento (4561.3 g) sin diferencias estadísticas con 13 combinaciones: PUETHNE1-135, PUETHNE1-197, PUETHNE1-115, PUETHNE1-109, PUETHNE1-128 y PUETHNE1-33, cultivados a 3 dS m⁻¹; PUETHNE1-128, “Caiman”, PUETHNE1-197, PUETHNE1-135 y PUETHNE1-115, cultivados a 2 dS m⁻¹; PUETHNE1-128 y “Caimán” cultivados a 1 dS m⁻¹. PUETHNE1-107 cultivado a 2 dS m⁻¹ mostró el rendimiento más bajo (2252 g) sin diferencia estadística con el híbrido “Sun 7705” cultivado a 1 dS m⁻¹. Considerando estos resultados, los genotipos nativos evaluados presentan potencial para su aprovechamiento en el desarrollo de variedades que demanden una menor cantidad de fertilizantes. La influencia de la conductividad eléctrica fue mayor en el híbrido “Caiman”. El genotipo PUETHNE1-40 mostró una respuesta constante a través de las conductividades evaluadas.

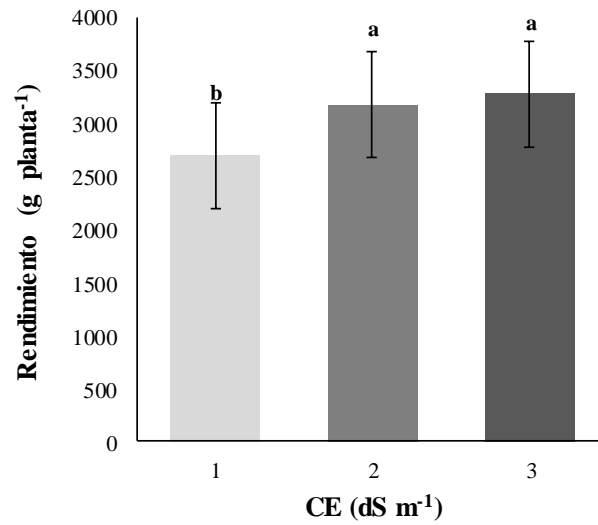


Figura 2.2. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento de frutos de tomate.

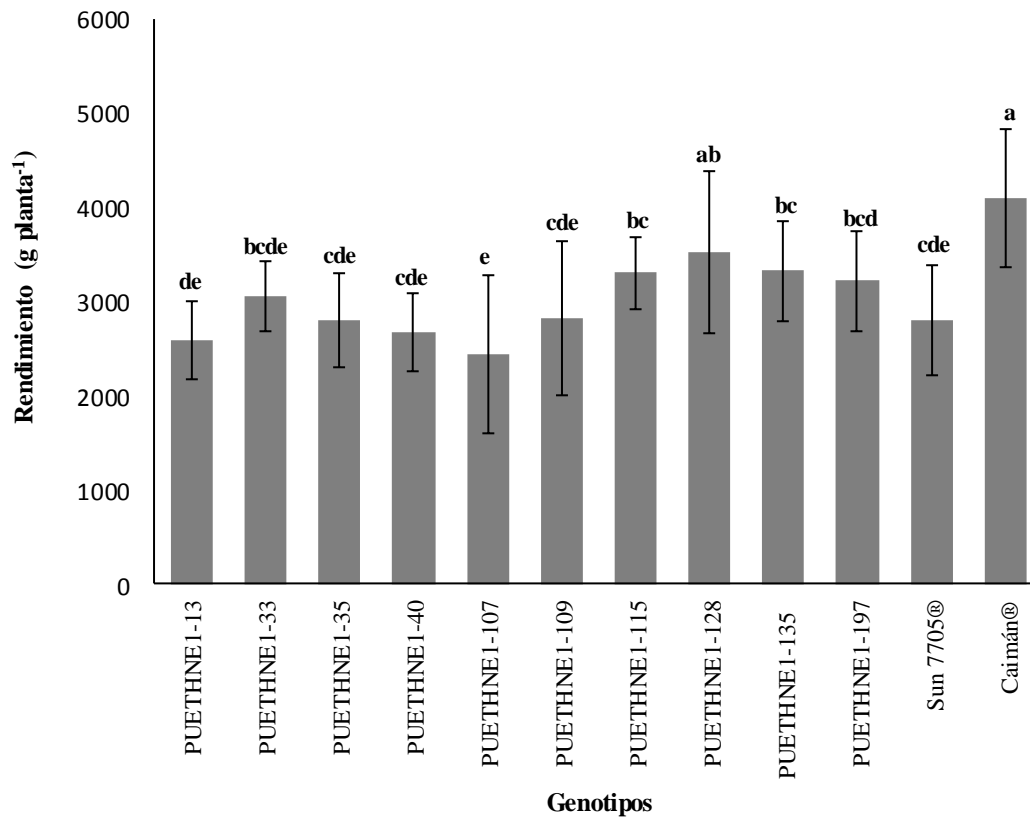


Figura 2.3. Rendimiento promedio de frutos en diez genotipos nativos de tomate y dos tomates híbridos comerciales.

2.6 CONCLUSIONES

La altura de planta disminuyó cuando la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva se incrementó de 1 a 2 dS m⁻¹ (de -0.036 a -0.072 MPa). La materia seca de tallos y hojas presentó una relación directa con la CE. Todos los genotipos evaluados al ser cultivados a una CE de 3 dS m⁻¹ (-0.108 MPa) (valor superior al umbral de tolerancia de salinidad) no presentaron reducción significativa en su rendimiento.

Los genotipos nativos evaluados, excepto PUETHNE1-13, mostraron un diámetro de tallo y número de hojas superiores al híbrido comercial “Caiman”. PUETHNE1-33, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115 y PUETHNE1-135, presentaron la mayor cantidad de materia seca de hojas con respecto a los híbridos comerciales “Caiman” y “Sun 7705” que mostraron los valores más bajos. El híbrido comercial “Caiman” (tipo bola) y el genotipo nativo PUETHNE1-128 exhibieron el mayor rendimiento, además, nueve de los diez genotipos nativos evaluados mostraron un rendimiento similar a híbrido comercial “Sun 7705” (tipo saladettee).

Con base en el rendimiento, los genotipos nativos evaluados mostraron un alto potencial para ser cultivados en sistemas hidropónicos en invernadero.

2.7 LITERATURA CITADA

- Bugarín M., R., G.A. Baca. C., J. Martínez H., J.L. Tirado T. y A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.
- Cuartero, J. and R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- Cuartero, J., M.C. Bolarín, M.J. Asíns, and V. Moreno. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany* 57: 1045-1058.
- Chinnusamy, V., A. Jagendorf and J. K. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science* 45: 437-448.

- Favela C., E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. 146 p.
- García E., R. 2009. Cáncer bacteriano del tomate. *In: J.Z. Castellanos (ed.). Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. México pp: 383-394.*
- Goykovic C., V. y G. Saavedra del R. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA 25: 47-58.*
- Juárez L., P., R. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D. W. Reed, L. Cisneros Z. y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). *Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 5-9.*
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra 17: 221-229.*
- LeClerc, E. L., W. H. Leonard and A. G. Clark. 1962. *Field Plot Techniques.* Burgess Publishing Co., Minneapolis, MN, USA. 373 p.
- Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 103 (2): 115-134.*
- Marchese, M., R. Tuttobene, A. Restuccia, A.M.G. Longo, G. Mauromicale and G. Restuccia 2008. Effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth and production of *Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme grown in greenhouse. *Options Méditerranéennes 84: 311-315.*
- Peralta, I.E. and D.M. Spooner. 2000. Clasificación de wild tomatoes: a review. *Kurtziana 28(1): 45-54.*
- Ramírez V. P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. *In: Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. Benavides-Mendoza, A. (comp.). 8-10 de julio. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.*
- Rick, C.M. 1978. El tomate. *In: Investigación y ciencia. Prensa científica (ed). Barcelona, España. pp: 44-57.*
- Romero A., R., T. Soria and J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science 160: 265-272.*
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC. Lunteren, Wageningen, The Netherlands. pp: 633-649.*
- Sevilla P., R. 2006. Conceptos básicos para la caracterización. R. Estrada J., T. Medina H. y A. Roldán C., (eds). Definiciones conceptuales básicas. *In: Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. INIEA. Lima, Perú. pp: 17-25.*

Vásquez O., R., J.C. Carrillo R. y P. Ramírez V. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2): 49-64.

CAPITULO III. LA CALIDAD DE TOMATES NATIVOS ES AFECTADA POR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA^a

QUALITY OF NATIVE TOMATOES IS AFFECTED BY ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE NUTRIENT SOLUTION

Dalila Flores González^{1§}, Manuel Sandoval Villa¹, Porfirio Ramírez Vallejo²,
Prometeo Sánchez García¹ y María Nicolasa Rodríguez García²

^aArtículo enviado a INIFAP para su publicación en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

¹Postgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9510198. (msandoval@colpos.mx), (promet@colpos.mx). ²Postgrado en Genética. Colegio de Postgraduados. (ramirez@colpos.mx), (nico@colpos.mx). [§]Autor(a) para correspondencia: flores.dalia@colpos.mx

3.1 RESUMEN

México cuenta con una gran diversidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos, sin embargo, existen pocos estudios acerca de las características de calidad organoléptica que poseen estos genotipos y de su potencial para ser cultivados en invernadero e hidroponía. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner sobre la calidad de fruto de genotipos nativos de tomate de Puebla, México. Esta investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, durante los meses de junio a diciembre de 2010. Se estableció un experimento factorial con tres niveles de CE (1, 2 y 3 dS m⁻¹), diez genotipos nativos (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35,

PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) y dos tomates híbridos comerciales (“Caiman”, tipo bola y “Sun 7705”, tipo saladette). Se evaluó pH, CE del jugo (CEJ), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), índice de madurez (SST/AT), color (luminosidad, hue y croma), firmeza, porcentaje de jugo, concentración de licopeno y rendimiento de pasta (RP) en frutos con madurez de consumo. Se observó un incremento de SST, AT, CEJ, croma, porcentaje de jugo y RP al elevar la CE de la solución nutritiva. En su mayoría, los genotipos nativos superaron en sólidos solubles totales y concentración de licopeno a los híbridos comerciales. Los genotipos nativos de tomate presentan potencial para la generación de variedades con frutos de alto valor comercial y nutracéutico.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., poblaciones nativas, potencial osmótico, características organolépticas, hidroponía.

3.2 ABSTRACT

Mexico has a wide diversity of landraces of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), however, there are few studies regarding quality of their organoleptic characteristics and their potential to be cultivated in greenhouse and hydroponics. The objective of this research was to evaluate the effect of the Steiner nutrient solution electrical conductivity (EC) on the quality of fruit of native genotypes from Puebla, Mexico. This research was developed in the "Colegio de Postgraduados" located at Montecillo, Mexico, from June to December 2010. A factorial experiment was established with three levels of EC (1, 2 y 3 dS m⁻¹) and ten native genotypes (PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135, PUETHNE1-197) plus two commercial hybrid tomatoes (“Caiman” and “Sun 7705” beef and saladettee type, respectively). Percentage of

juice, pH, EC in juice (ECJ), total soluble solids (TSS), tritritable acidity (TA), maturity index (TSS/TA), color (lightness, chroma and hue), firmness, yield of paste (YP) as well as lycopene concentration in fruits at maturity consumption were evaluated. There was an increase in TSS, TA, ECJ, chroma, percentage of juice and YP by increasing the EC of the nutrient solution. Mostly, native genotypes surpassed in total soluble solids and lycopene concentration to commercial hybrids. Mexican native tomatoes present potential to obtain cultivars with high market value fruit and high nutraceutical value.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill., landraces, osmotic potential, organoleptic characteristics, hydroponics.

3.3 INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una especie domesticada en México de gran importancia para la agricultura mundial, de la que es posible encontrar poblaciones nativas cultivadas en diferentes regiones agrícolas del país en la actualidad (Ramírez, 2010). Los acervos genéticos de tomate nativo poseen características de calidad de fruto que pueden ser aprovechadas en el mejoramiento y desarrollo de variedades con rasgos superiores a las variedades comerciales actuales (Salgado *et al.*, 2011).

El contenido de sólidos solubles, grado de acidez y pH son parámetros determinantes de la calidad de los frutos de tomate, tanto para el mercado de productos frescos como para la industria (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Además, los frutos de tomate son una valiosa fuente de potasio, ácido fólico, vitamina C y licopeno, este último compuesto es importante para la salud humana porque es un antioxidante natural (De Pascale *et al.*, 2003).

Evidencias experimentales muestran que genotipos nativos de tomate producen frutos con mayor contenido de sólidos solubles, acidez titulable y concentración de licopeno (Juárez *et al.*, 2009; Salgado *et al.*, 2010; Juárez *et al.*, 2011) en relación a los híbridos comerciales. También, se ha demostrado que la elevación de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva mejora las características de calidad del fruto de tomate, y que los sólidos solubles, la acidez titulable, y los contenidos de vitamina C y licopeno aumentan con el grado de salinidad (De Pascale *et al.*, 2003). Aunque, debe tenerse especial precaución cuando se utiliza agua salina en un cultivo comercial, ya que a partir de una CE igual o superior a 2.5 dS m^{-1} se espera una disminución de 10% en el rendimiento por unidad adicional de dS m^{-1} (Maas y Hoffman, 1977).

Debido a que los estudios acerca de las características determinantes de la calidad de fruto en poblaciones nativas son escasos, se desconoce el potencial de este germoplasma, aunque a nivel local y regional se conoce su importancia y valor; por ejemplo, en Puebla, México, se encuentra una población nativa de tomate conocida localmente como “chino”, que tiene gran aceptación y demanda local (Ramírez, 2010). A pesar el valor intrínseco de las poblaciones nativas, no se encuentran estudios que describan la calidad organoléptica de sus frutos, cultivados en invernadero e hidroponía en diferentes concentraciones de sales en la solución nutritiva.

Por lo anterior, se llevó a cabo esta investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto sobre la calidad de fruto de tres niveles de conductividad eléctrica (1, 2 y 3 dS m^{-1}) en la solución nutritiva Steiner, en 10 genotipos nativos de tomate cultivados en invernadero e hidroponía, provenientes de Puebla, México, e identificar los sobresalientes en sus características organolépticas.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, durante los meses de junio a diciembre de 2010, en un invernadero con sistema hidropónico abierto y “tezontle” como sustrato.

Material vegetal

Se utilizó semilla de diez genotipos seleccionados de una población nativa de Puebla, México, obtenida por el Proyecto de Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano en el Colegio de Postgraduados, auspiciado por el CONACYT. Estos genotipos mostraron características adecuadas de crecimiento y desarrollo en hidroponía en un experimento previo. Los genotipos fueron designados en la forma siguiente: PUETHNE1-13, PUETHNE1-33, PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109, PUETHNE1-115, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135 y PUETHNE1-197. Como testigos se usaron los híbridos comerciales “Caiman” (Enza Zaden[®], tipo bola) y “Sun 7705” (Nunhems[®], tipo saladette). Previo a la siembra, las semillas de todos los genotipos fueron desinfectadas con base en el método descrito por García (2009). El trasplante se realizó 33 días después de la siembra, las plantas fueron conducidas a un tallo. Durante el desarrollo del cultivo se quitaron frutos para dejar seis unidades por racimo en todas las unidades experimentales. Se realizaron análisis de calidad externa e interna en tres frutos de tomate por unidad experimental cosechados en madurez de consumo (color rojo uniforme), de los racimos segundo, tercero y cuarto; 540 frutos fueron analizados.

Solución nutritiva

Se utilizó la solución Steiner (1984) en concentraciones que representaron 1, 2 y 3 dS m⁻¹ (-0.036, -0.072 y -0.108 MPa, respectivamente) complementándola con micronutrientes. La solución se aplicó a partir del trasplante en un volumen de riego diario de 0.25 a 2.0 litros por

planta, dependiendo de la etapa de crecimiento. El pH de la solución se mantuvo en un intervalo de 5.5 a 6.0.

Diseño experimental

Se estableció un diseño factorial (3 x 12) completamente al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron tres niveles de CE (1, 2 y 3 dS m⁻¹) con la solución nutritiva Steiner (1984) en combinación con diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales, obteniendo un total de 180 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno negro (40x40) con “tezontle” (diámetro ≤ 12 mm) y una planta de tomate.

VARIABLES EVALUADAS

Porcentaje de jugo

De acuerdo a la norma mexicana NMX-F-032-1982 (SECOFI, 1982a) se consideró como jugo al producto obtenido por la extrusión de tomates, no diluido, no concentrado y no fermentado. El jugo se obtuvo con un extractor Tur Mix[®], el porcentaje se calculó considerando el peso total del fruto y el peso del jugo obtenido (sin semillas ni epidermis).

pH

Se mezclaron 10 g del jugo obtenido por extractor (Tur Mix[®]) con 50 mL de agua destilada, el pH de esta mezcla se midió con un potenciómetro (Conductronic, PC18, Puebla, México).

Conductividad eléctrica en el jugo del fruto (CEJ)

En la mezcla obtenida para la determinación del pH, se midió la CE con un potenciómetro a 25°C (Conductronic, PC18, Puebla, México), los resultados se presentan en dS m⁻¹.

Sólidos solubles totales (SST)

Se midieron con un refractómetro digital ATAGO PR-100 (Honcho, Itabashi-Ku, Tokyo Japón) con escala de 0 a 32 %, colocando tres gotas de jugo en la celda del refractómetro, presentando los resultados en °Brix.

Acidez titulable (AT)

La acidez como ácido cítrico se determinó por el método descrito por la AOAC (1990), los datos se presentan en porcentaje.

Índice de madurez (SST/AT)

Se obtuvo al dividir los sólidos solubles totales (SST) entre la acidez titulable (AT).

Color (croma, hue y luminosidad)

Se realizaron dos lecturas en áreas ecuatoriales opuestas del fruto. Se utilizó el colorímetro Hunter Lab D25-PC2 (Reston, Virginia, USA) para obtener los valores de “L” (luminosidad), “a” (tonalidades desde el verde (-a) al rojo (+a)) y “b” (tonalidades desde el amarillo (+b) al azul (-b)). Con estos valores se calculó el ángulo hue ($\text{hue} = \tan^{-1} (b/a)$) y la pureza del color (croma = $(a^2+b^2)^{1/2}$) (Minolta, 2007).

Firmeza

Se midió la fuerza necesaria para penetrar el fruto con un texturómetro FDV-30 (Greenwich, CT 06836, USA) de puntal cónico de 8 mm de diámetro. Se realizaron dos lecturas por fruto en lados opuestos ecuatoriales, los datos se presentan en Newtons (N).

Licopeno

Se calculó utilizando los valores “a” y “b” obtenidos con el colorímetro Hunter Lab D25-PC2 (Reston, Virginia, USA), se aplicó la fórmula propuesta por Arias *et al.* (2000):

$$\text{Licopeno (mg 100 g}^{-1}\text{)} = 11.848 \times (a/b) + 1.5471$$

Rendimiento de pasta (RP)

La pasta de tomate es un producto concentrado obtenido a través de la evaporación del jugo de los frutos (SECOFI, 1982b). Con los valores de °Brix y el rendimiento de fruto en cuatro racimos por planta (REND) se estimó el rendimiento de pasta (estandarizada a 28 °Brix) utilizando la fórmula propuesta por Aragão *et al.* (2004):

$$\text{Rendimiento de pasta (g planta}^{-1}\text{)} = (0.94 \times \text{REND} \times \text{°Brix})/28$$

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa Statistical Analysis Systems (SAS, V9, 2002) realizando análisis de varianza, correlación de Pearson y regresión lineal, las medias se compararon con base en Tukey ($P \leq 0.05$).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH

Los niveles de CE evaluados no afectaron el pH del fruto (Cuadro 3.1). Estos resultados coinciden con De Pascale *et al.* (2003) quienes al evaluar un amplio intervalo de CE (0.5 dS m⁻¹ - 15.7 dS m⁻¹) no encontraron efectos significativos en pH; y con Juárez *et al.* (2011) quienes encontraron una tendencia similar. Entre genotipos se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) mostrando valores entre 3.97 y 4.26. PUETHNE1-33, PUETHNE1-107, PUETHNE1-109,

PUETHNE1-115 y PUETHNE1-197 mostraron los valores más altos superando al híbrido “Caiman” que presentó el pH más bajo (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.1. Significancias estadísticas para pH, conductividad eléctrica de jugo (CEJ; dS m⁻¹), sólidos solubles totales (SST; °Brix), acidez titulable (AT; %), índice de madurez (SST/AT) y firmeza (N) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Fuentes de variación	pH	CEJ	SST	AT	SST/AT	Firmeza
CE	0.1482	0.0125 [¶]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	0.1491	0.2834
Genotipo	<0.001 [†]	0.0055 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]
CE*Genotipo	0.0770	0.0994	0.1078	0.0001 [†]	0.0438 [¶]	0.0337 [¶]
Media	4.12	1.063	5.42	0.404	13.91	2.53
CV(%)	3.45	20.30	11.44	14.29	24.80	20.53

[†] Significativo ($P \leq 0.01$); [¶] significativo ($P \leq 0.05$); CV: Coeficiente de variación.
 <: El valor es menor al indicado.

Conductividad eléctrica del jugo del fruto (CEJ)

Los factores CE y genotipos mostraron efectos significativos ($P \leq 0.05$ y 0.01) en CEJ (Cuadro 3.1); existió una correlación positiva entre CEJ y CE ($P \leq 0.01$; $r=0.999$), se observó un incremento lineal ($y= 0.059x + 0.994$; $R^2 = 0.999$) de la CEJ equivalente a 5.8% por cada unidad adicional de CE de la solución nutritiva; esta tendencia es similar a la reportada por De Pascale *et al.* (2003) quienes encontraron valores de CEJ de 4.29, 5.16, 5.41 y 5.93 dS m⁻¹, al evaluar cuatro niveles de CE, 0.5, 4.4, 8.5 y 15.7 dS m⁻¹ respectivamente. Los valores de CEJ encontrados por estos autores son mayores a los del presente estudio, debido a que midieron esta característica directamente en el jugo; comportamientos similares son informados por Incerti *et al.* (2007). Por lo tanto, puede observarse que un aumento de la CE de la solución nutritiva incrementa la concentración mineral en frutos de tomate (Hao *et al.*, 2000). PUETHNE1-107 y 115 presentaron

los valores más altos sin presentar diferencias estadísticas con los híbridos “Sun 7705” y “Caiman”; en contraste PUETHNE1-13 mostró el valor más bajo (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. pH, conductividad eléctrica de jugo (CEJ), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), índice de madurez (SST/AT) y firmeza (N) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Factores	pH	CEJ (dS m ⁻¹)	SST	AT (%)	SST/AT	Firmeza (N)
CE (dS m ⁻¹)						
1.0	4.09 a [†]	1.004 b	4.9 c	0.38 b	13.23 a	2.45 a
2.0	4.14 a	1.062 ab	5.5 b	0.40 b	14.08 a	2.55 a
3.0	4.14 a	1.122 a	5.9 a	0.44 a	14.43 a	2.59 a
Genotipos						
PUETHNE1-13	3.98 c	0.904 b	4.2 g	0.39 bc	10.77 dc	2.93 abc
PUETHNE1-33	4.17 ab	1.046 ab	5.6 abcd	0.45 ab	12.87 abcd	2.75 abc
PUETHNE1-35	4.13 abc	0.955 ab	5.1 def	0.37 c	15.04 ab	2.97 ab
PUETHNE1-40	4.13 abc	1.126 ab	5.9 abc	0.37 c	16.15 a	2.44 bcd
PUETHNE1-107	4.18 ab	1.185 a	6.3 a	0.41 bc	15.77 ab	2.40 bcd
PUETHNE1-109	4.17 ab	1.156 ab	5.5 bcde	0.36 c	16.19 a	2.32 cde
PUETHNE1-115	4.26 a	1.174 a	5.4 cde	0.42 bc	12.90 abcd	2.30 cde
PUETHNE1-128	4.03 bc	1.037 ab	5.7 abcd	0.36 c	15.84 ab	1.87 de
PUETHNE1-135	4.13 abc	1.079 ab	6.2 ab	0.40 bc	16.01 a	2.58 bc
PUETHNE1-197	4.17 ab	1.052 ab	5.9 abc	0.41 bc	14.23 abc	1.75 e
“Sun 7705”	4.13 abc	1.071 ab	4.8 efg	0.41 bc	11.71 bcd	2.77 abc
“Caiman”	3.97 c	0.968 ab	4.6 fg	0.49 a	9.42 d	3.27 a

[†] Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Sólidos solubles totales (SST)

Ambos factores (CE y genotipos) presentaron efectos significativos ($P \leq 0.01$) sobre el contenido de sólidos solubles (Cuadro 3.1). A pesar de que no se obtuvo una correlación significativa entre CE y SST, existió una tendencia a incrementar los SST al aumentar la CE, Tendencias similares han sido encontradas por diversos autores (Albu-Yaron *et al.*, 1993; De Pascale *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2006; Incerti *et al.*, 2007; Schnitzler y Krauss, 2010; Juárez *et al.*, 2011). Este fenómeno podría ser explicado por una disminución en la acumulación de agua

en el fruto (Goykovic y Saavedra, 2007), ya que al incrementarse la concentración de solutos en el agua de riego el potencial hídrico se reduce y las plantas experimentan dificultades para absorberla (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2008). En híbridos como "Daniela" y "Rambo", los SST se incrementan en una tasa del 10.5% por dS m^{-1} adicional (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). En el presente estudio la mayoría de los genotipos nativos presentaron frutos con mayor contenido de °Brix en comparación a los híbridos (Cuadro 3.2). PUETHNE1-107 presentó la mayor cantidad de °Brix (6.3), superó a los híbridos "Sun 7705" y "Caiman" en 23 y 27%, respectivamente, y no mostró diferencias estadísticas con los genotipos PUETHNE1-33, PUETHNE1-40, PUETHNE1-128, PUETHNE1-135 y PUETHNE1-197 (Cuadro 3.2). Este resultado podría estar relacionado con mayor capacidad de los frutos de los genotipos nativos para acumular fotosintatos (Martínez, 2003). Es necesario considerar que el valor de °Brix no refleja únicamente el contenido de azúcares, ya que también involucra la presencia de otros sólidos solubles en el fruto, tales como los ácidos orgánicos (Sato *et al.*, 2006). Dado que el contenido de sólidos solubles totales es el criterio de calidad más importante en el procesamiento de pasta de tomate y que sirve como base para fijar el precio que debe pagarse al productor (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999), los genotipos nativos de tomate evaluados representan una fuente de genes disponible para generar cultivares con alto contenido de sólidos solubles totales.

Acidez titulable (AT)

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en CE, genotipos y su interacción (Cuadro 3.1). La correlación entre AT y CE no fue significativa, sin embargo, el aumento de la CE incrementó la AT (Cuadro 3.2). La tendencia observada coincide con lo encontrado por diversos autores (Albu-Yaron *et al.*, 1993; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; De Pascale *et al.*, 2003; Incerti *et al.*, 2007; Schnitzler y Krauss, 2010; Juárez *et al.*, 2011), y está asociada con el

aumento de los niveles de ácidos orgánicos. En relación con esta tendencia, Campos *et al.* (2006) encontraron un incremento de 9.4% de acidez titulable por cada dS m^{-1} de CE. Cuatro genotipos nativos (PUETHNE1-35, PUETHNE1-40, PUETHNE1-109 y PUETHNE1-128) presentaron los valores más bajos de acidez, por lo que resultaron estadísticamente diferentes del híbrido “Caiman”, que mostró el valor más alto y fue estadísticamente igual a PUETHNE1-33. (Cuadro 3.2). En esta investigación, la interacción CE*Genotipos fue significativa ($P \leq 0.01$), ya que la respuesta de los genotipos no fue la misma a los niveles de conductividad evaluados, por las respuestas diferenciales debidas a variaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas entre genotipos. La significancia de la interacción demuestra que la tolerancia a salinidad depende del genotipo (Marchese *et al.*, 2008). La influencia de la conductividad eléctrica fue mayor en el híbrido “Caiman”. Los genotipos PUETHNE1-35 y PUETHNE1-40 mostraron una respuesta constante a través de las conductividades evaluadas (Figura 3.1). Entre las combinaciones CE*Genotipo, el híbrido “Caiman” cultivado a 3 dS m^{-1} presentó el valor más alto (0.59%) de AT sin diferencias estadísticas con siete combinaciones: PUETHNE1-115, PUETHNE1-33, PUETHNE1-107 y PUETHNE1-197 cultivados a 3 dS m^{-1} ; “Caiman” y PUETHNE1-33 cultivados a 2 dS m^{-1} ; PUETHNE1-135 cultivado a 1 dS m^{-1} . El genotipo PUETHNE1-109 cultivado a 3 dS m^{-1} presentó el valor más bajo (0.29%) de AT.

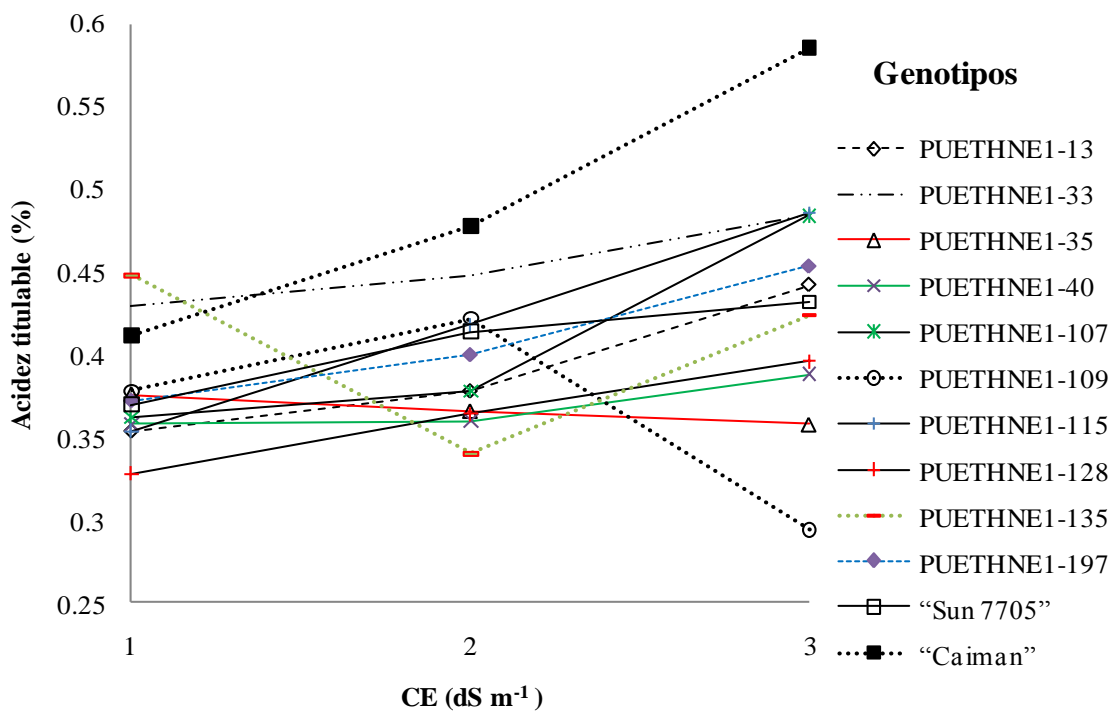


Figura 3.1. Efecto de la interacción conductividad eléctrica (CE)*genotipos sobre la acidez titulable de frutos de diferentes genotipos de tomate. Montecillo, estado de México, 2010.

Índice de madurez (SST/AT)

La conductividad eléctrica no afectó el índice de madurez (Cuadro 3.1). PUETHNE1-40, PUETHNE1-109 y PUETHNE1-135 mostraron los valores más altos, y fueron superiores al híbrido "Caiman" (Cuadro 3.2). Los resultados obtenidos con los genotipos nativos de tomate son similares a los encontrados por Méndez *et al.* (2011), quienes en diferentes muestras de frutos de tomate nativos de México, encontraron un intervalo de 11.71 a 15.99 en muestras originarias del sur del estado de Puebla, aunque en el presente estudio los resultados muestran un intervalo mayor (10.77 a 16.19), no obstante que los genotipos evaluados pertenecen a una sola población. El índice de madurez es importante porque está relacionado con la intensidad del sabor, que es la sensación que involucra la percepción de sabores y aromas de muchos compuestos (Stevens *et*

al., 1977). De tal manera que la combinación de altas concentraciones de azúcar con altos contenidos de ácidos permiten obtener el mejor sabor; las bajas concentraciones de azúcar con altas concentraciones de ácidos producen tomates de sabor ácido; altos niveles de azúcar y bajas concentraciones de ácidos producen un sabor suave; y niveles bajos de azúcar y de ácidos producen una fruta sin sabor (Grierson y Kader, 1986). En este grupo de genotipos se observó una variabilidad amplia en el sabor de los frutos (Cuadro 3.1, y 3.2); en forma similar a la observada entre cultivares comerciales de tomate (Busch *et al.*, 2008). La interacción genotipo por conductividad resultó significativa ($P \leq 0.05$), es decir, los genotipos muestran una respuesta diferencial en el índice de madurez a los niveles de conductividad evaluados (Cuadro 3.1). Entre combinaciones, PUETHNE1- 109 cultivado a 3dS m^{-1} presentó el mayor índice de madurez (20.9), sin diferencias significativas con 26 combinaciones; en tanto que “Caiman” cultivado a 3dS m^{-1} presentó el valor más bajo (8.57).

Firmeza

Los niveles de conductividad eléctrica evaluados no afectaron la firmeza de los frutos (Cuadro 3.1), aunque no se observa una relación directa, numéricamente se encuentra la tendencia de mayor firmeza al incrementar la CE. Un comportamiento similar es informado por Juárez *et al.* (2011), quienes observaron un incremento del 13% en firmeza al elevar la CE de 1 a 2dS m^{-1} . El intervalo de firmeza en tomates nativos fue de 1.75 a 2.97 N. De acuerdo con Cantwell *et al.* (2006) estos valores ubican a los frutos de tomates nativos en un nivel de firmeza que va de moderado a muy firme. El híbrido “Caiman” presentó la mayor firmeza aunque los genotipos nativos PUETHNE1-13, PUETHNE1-33 y PUETHNE1-35 presentaron un nivel de firmeza similar, al igual que “Sun 7705” (Cuadro 3.2). La interacción conductividad por genotipos fue estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$); es decir, la firmeza de los genotipos respondió diferencialmente a los niveles de conductividad evaluados (Cuadro 3.1). Entre las combinaciones

de CE con genotipos, "Caiman" cultivado a 2 dS m⁻¹ presentó la mayor firmeza (3.69 N), sin diferencias significativas con 22 combinaciones: PUETHNE1-35 , PUETHNE1-135, PUETHNE1-13, "Caiman", PUETHNE1-33, "Sun 7705", PUETHNE1-107 y PUETHNE1-40 cultivados a 3dS m⁻¹; PUETHNE1-13, "Sun 7705", PUETHNE1-33, PUETHNE1-109, PUETHNE1-135, PUETHNE1-115, PUETHNE1-35 y PUETHNE1-107, cultivados a 2 dS m⁻¹; "Caiman", PUETHNE1-35, PUETHNE1-13, "Sun 7705", PUETHNE1-33 y PUETHNE1-40, cultivados a 1 dS m⁻¹ El valor más bajo de firmeza fue presentado por PUETHNE1-128 (1.67 N) cultivado a 1dS m⁻¹.

Color (luminosidad, hue y croma)

La CE solamente afectó el croma en los frutos (Cuadro 3.3), ya que al elevar la CE se observó un aumento en el valor de croma. En relación con estos parámetros, Cantwell *et al* (2006) indican que a menor luminosidad el color tiende a ser más opaco y oscuro, que a menor hue el fruto presentará un color más rojo y menos anaranjado, en tanto que a mayor valor de croma, el color predominante de los frutos es más intenso. El híbrido "Caiman" presentó la mayor luminosidad y este valor fue estadísticamente superior al resto de los genotipos inclusive al otro híbrido evaluado. En cuanto al color, los híbridos exhibieron frutos de color rojo-anaranjado, mientras que, los frutos de los genotipos nativos presentaron color rojo. En hue, los frutos de los genotipos nativos, excepto PUETHNE1-13, presentaron los valores más bajos y fueron estadísticamente inferiores a los híbridos "Sun 7705" y "Caiman"; debido a la relación inversa entre el valor de hue y la concentración de licopeno (Saltveit, 2005), esta sería mayor en casi todos los genotipos nativos que en los híbridos. En relación con la intensidad de color (croma), con excepción de PUETHNE1-33 y PUETHNE1-115, los genotipos nativos evaluados, mostraron mayor intensidad en el color rojo de sus frutos en forma comparable a la de los híbridos (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.3. Significancias estadísticas para color (luminosidad, hue, croma), jugo (%), concentración de licopeno (mg 100 g⁻¹) y rendimiento de pasta (RP; g planta⁻¹) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Fuentes de Variación	Color			Jugo	Licopeno	RP
	Luminosidad	Hue	Croma			
CE	0.2242	0.0739	0.0039 [†]	0.0158 [‡]	0.2784	<.0001 [†]
Genotipo	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<0.001 [†]	<.0001 [†]
CE*Genotipo	0.3915	0.0531	0.0962	0.3673	0.0636	0.9254
Media	32.12	34.03	21.58	77.19	20.06	557.3
CV(%)	4.72	10.80	6.62	5.61	13.25	23.15

[†] Significativo ($P \leq 0.01$); [‡] significativo ($P \leq 0.05$). CV: Coeficiente de variación.
 <: El valor de significancia es menor al indicado.

Cuadro 3.4. Color (luminosidad, hue, croma), porcentaje de jugo, concentración de licopeno y rendimiento de pasta (RP) en frutos de diez genotipos nativos y dos híbridos comerciales de tomate, cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner. Montecillo, estado de México, 2010.

Factores	Color			Jugo (%)	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)	RP (g planta ⁻¹)
	Luminosidad	Hue	Croma			
CE (dS m ⁻¹)						
1.0	32.34 a [†]	34.90 a	21.21 b	75.95 b	19.68 a	446.9 c
2.0	31.87 a	33.40 a	21.47 ab	77.37 ab	20.46 a	579.9 b
3.0	32.16 a	33.80 a	22.08 a	78.24 a	20.04 a	645.1 a
Genotipos						
PUETHNE1-13	32.52 b	43.08 b	20.83 bcd	80.32 abc	14.28 de	366.8 f
PUETHNE1-33	31.59 b	31.84 d	20.70 cd	75.08 cde	21.29 bc	576.7 abcde
PUETHNE1-35	31.91 b	36.50 c	22.06 abc	76.70 bcde	18.15 c	479.2 def
PUETHNE1-40	31.96 b	30.29 de	22.64 a	77.39 bcde	21.92 ab	533.7 bcde
PUETHNE1-107	32.45 b	28.62 de	21.45 abc	67.67 f	23.63 ab	509.6 cdef
PUETHNE1-109	31.30 b	26.99 e	21.72 abc	74.20 e	25.11 ab	524.2 bcde
PUETHNE1-115	32.73 b	31.24 de	19.65 d	74.99 de	21.32 bc	600.4 abcde
PUETHNE1-128	31.43 b	29.11 de	21.39 abcd	80.17 abcd	23.01 ab	677.7 ab
PUETHNE1-135	31.53 b	30.18 de	22.03 abc	75.72 cde	22.05 ab	700.4 a
PUETHNE1-197	31.57 b	28.65 de	21.28 abcd	79.09 abcde	23.50 ab	637.5 abc
“Sun 7705”	31.13 b	41.95 b	22.79 a	83.34 a	14.84 d	450.7 ef
“Caiman”	35.33 a	49.95 a	22.48 ab	81.60 ab	11.61 e	630.0 abcd

[†] Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Porcentaje de jugo

La CE afectó significativamente ($P \leq 0.05$) el porcentaje de jugo, ya que esta proporción se incrementó al aumentar la CE (Cuadro 3.3), sin embargo, la correlación entre estos dos factores no fue significativa. Los híbridos “Sun 7705” y “Caiman” presentaron los valores más altos sin ser estadísticamente diferentes de los genotipos PUETHNE1-13, PUETHNE1-128 y PUETHNE1-197 (Cuadro 3.4). Es necesario hacer notar que al realizar observaciones cualitativas en el jugo de los frutos, se observó un mayor contenido de agua en el jugo de tomates híbridos en comparación al jugo de frutos de tomates nativos.

Licopeno

La CE no mostró efectos significativos en la concentración de licopeno (Cuadro 3.3), resultados similares son informados por Urrieta *et al.*, (2008) al evaluar dos niveles de CE (1 y 2 dS m⁻¹) en tomate tipo costilla; sin embargo, Juárez *et al.* (2011), al evaluar CE de 1, 1.5 y 2 dS m⁻¹ en genotipos nativos de tipo cherry, observaron un incremento de 17.6% en la concentración de licopeno por cada dS m⁻¹; y Schnitzler y Krauss (2010) al evaluar cuatro niveles de CE (3, 6.5, 10 y 13.5 dS m⁻¹) también encontraron un aumento en la concentración de licopeno al incrementar la CE. No se encontró una tendencia clara en la respuesta de las plantas de tomate en la producción de carotenoides cuando son sometidas a estrés salino, pues además del cultivar también pueden estar interactuando otras variables (Goykovic y Saavedra, 2007), lo que plantea la necesidad de realizar estudios más detallados para aclarar estos comportamientos. El genotipo es uno de los factores que influye en la concentración de licopeno (Caliman *et al.*, 2010); en este estudio, la concentración de licopeno en tomates nativos varió de 14.28 a 25.11 mg 100 g⁻¹ (Cuadro 3.4), valores que son superiores a los encontrados por Escaff (2006) en variedades comerciales (10.79 -17.92 mg 100 g⁻¹), por Méndez *et al.* (2011) en muestras de tomates nativos

(13.7-15.8 mg 100 g⁻¹) originarios del estado de Puebla, México, y por Macua *et al.* (2009) para variedades de alto contenido de licopeno (8.69-20.02 mg 100 g⁻¹). Estadísticamente todos los genotipos nativos evaluados, excepto PUETHNE1-13, fueron superiores a los híbridos “Sun 7705” y “Caiman”. Los genotipos PUETHNE1-107, PUETHNE1-109 y PUETHNE1-197 presentaron el doble de la concentración de licopeno encontrada en el híbrido “Caiman” que fue el genotipo que mostró la menor concentración. Estos resultados indican que los frutos de los genotipos nativos evaluados presentan alta calidad con valor nutracéutico.

Rendimiento de pasta (RP)

Los niveles de CE evaluados afectaron significativamente ($P \leq 0.01$) a RP (Cuadro 3.3). Al incrementarse la CE se observó un aumento del RP; resultados que contrastan con los de Campos *et al.* (2006) al no encontrar efectos significativos en el rendimiento de pulpa concentrada en cinco niveles de salinidad (1, 2, 3, 4 y 5 dS m⁻¹). Entre genotipos, el valor más alto fue presentado por PUETHNE1-135 que superó en 36% al híbrido “Sun 7705”, pero no mostró diferencias estadísticas con los genotipos PUETHNE1-128, PUETHNE1-197, PUETHNE1-115, PUETHNE1-33 y el híbrido “Caiman” (Cuadro 3.4). Estos resultados posicionan a los genotipos nativos favorablemente para su aprovechamiento en la industria de pasta de tomate.

3.6 CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva afecta la calidad organoléptica de frutos de tomates nativos.

Al elevar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva se observó un incremento de los sólidos solubles totales, acidez titulable, conductividad eléctrica del jugo, croma, porcentaje de

jugo y rendimiento de pasta en frutos de tomate, tanto en genotipos nativos como en híbridos comerciales.

Los genotipos PUETHNE1-13, PUETHNE1-33 y PUETHNE1-35 presentaron una firmeza comparable con los híbridos comerciales “Caiman” y “Sun 7705”.

La mayoría de los genotipos nativos superaron a los híbridos comerciales en cantidad de sólidos solubles totales (°Brix) y concentración de licopeno. Los genotipos PUETHNE1-107, PUETHNE1-109 y PUETHNE1-197 presentaron el doble de la concentración de licopeno del híbrido “Caiman”.

El genotipo PUETHNE1-13 mostró un comportamiento similar a los híbridos “Sun 7705” y “Caiman” en la mayoría de las características de calidad evaluadas.

Por los valores superiores observados en las características determinantes de la calidad organoléptica en los genotipos nativos evaluados, éstos representan una importante fuente de germoplasma útil para los programas de mejoramiento genético en la generación de variedades nacionales con frutos de valor comercial alto y propiedades nutraceuticas mayores.

3.7 LITERATURA CITADA

Albu-Yaron, A., A. Feigin and I. Rylski. 1993. The quality of tomato for canning as affected by combined chloride, nitrate and osmotic potential of the nutrient solution. *Plant Foods for Human Nutrition* 43: 201-210.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th edition. Ed. Washington DC. USA. pp: 918-919.

Aragão, F.A.S., L.B. Giordano, P.C.T. Melo and L.S. Boiteux. 2004. Desempenho de híbridos experimentais de tomateiro para processamento industrial nas condições edafo-climáticas do cerrado brasileiro. *Horticultura Brasileira* 22(3): 529-533.

Arias, R., T. C. Lee, L. Logendra and H. Janes. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1697-1702.

- Busch, J. M., G.P. Savage and B.P. Searle. 2008. Sensory evaluation and physic-chemical measurements of tomatoes commonly consumed in New Zealand. *International Journal of Consumer Studies* 32: 535-544.
- Caliman, F.R.B., D.J.H. Silva, P.C. Stringheta, P.C.R. Fontes, G.R. Moreira and E. C. Mantovani. 2010. Quality of tomatoes grown under a protected environment and field conditions. *IDESIA* 28(2): 75-82.
- Campos B., C.A., P. Fernández D., H. Gheyi R., F. Blanco F., C. Gonçalves B. y S. A. Campos F. 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Sci. Agri. (Piracicaba, Braz.)* 63: 146-152.
- Cantwell, M., S. Stoddard, M. LeStrange, J. Mickler, R. Mullen and X. Nie. 2006. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2005. UCCE Fresh Market Tomato Statewide Report 2005 Postharvest. UC Davis, Davis CA. USA. 14 p.
- Cuartero, J., and R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- De Pascale, S., G. Angelino, G. Graziani and A. Maggio 2003. Effects of salt stress on water relations and antioxidant activity in tomato. *Acta Horticulturae* 613: 39-46.
- Escaff G., M. 2006. Variedades de tomate para procesamiento: comportamiento agronómico e industrial en Chile. In: Saavedra del R., G. and González Y., M. (eds.). *Producción de Tomate para Procesamiento. Serie Actas INIA 32*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. La Platina, Santiago, Chile. pp: 17-28.
- García E., R. 2009. Cáncer bacteriano del tomate. *In: J.Z. Castellanos (ed.). Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. México.* pp: 383-394.
- Goykovic C., V. y G. Saavedra del R. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA* 25:47-58.
- Grierson, D., and A. A. Kader. 1986. Fruit ripening and quality. *In: J. G Atherton and J. Rudich (eds.). The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London.* pp: 241-280.
- Hao, X., A.P. Papadopoulos, M. Dorais, D.L. Ehret, G. Turcotte and A. Gosselin. 2000. Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying: effects on growth, photosynthesis, yield and quality. *Acta Horticulturae* 511:213-221.
- Incerti, A., F. Navari-Izzo, A. Pardossi, A. Mensuali and R. Izzo. 2006. Effect of sea water on biochemical properties of fruit on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes differing for ethylene production. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2528-2537.

- Juárez L., P., R. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D. W. Reed, L. Cisneros Z. y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 5-9.
- Juárez L., P., D. W. Reed, M. Kent, L. Cisneros Z., S. King., R. Castro B., P. Ramírez V., M. Sandoval V., T. Colinas L. 2011. Efecto de la concentración de la solución nutritiva en la calidad de frutos de genotipos nativos de jitomate. *In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). 10-14 de abril. Culiacán, Sinaloa. México. pp:160.*
- Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 103 (2): 115-134.
- Macua, J. I., I. Lahoz, A. Santos, J. Zabaleta y S. Calvillo. 2009. Otras variedades de tomate: resultados de la campaña 2008. ITG Agrícola. Navarra, España. p. 21-28.
- Marchese, M., R. Tuttobene, A. Restuccia, A.M.G. Longo, G. Mauromicale and G. Restuccia. 2008. Effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth and production of *Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme grown in greenhouse. Options Méditerranéennes 84:311-315.
- Martínez B., E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycompersicom esculentum*). Agrociencia 37(4): 363-370.
- Méndez I., I., A.M. Vera G., J.L. Chávez S. and J. C. Carrillo R. 2011. Quality of fruits in mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. VITAE 18(1): 26-32.
- Minolta, K. 2007. Precise color communication. Kónica Minolta Sensing. Japan. 59 p.
- Ramírez V., P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. *In: Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. Benavides M., A. (comp.). 8-10 de julio. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.*
- Salgado M., L., P. Ramírez V. y F. Utrera Q. 2010. Contenido de licopeno en acervos de jitomate mexicano. *In: Memorias del Foro Regional de Agricultura Sostenible. Díaz R., R., J.F. Álvarez G. y A. Huerta P. (eds.). Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C. Noviembre. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, México. pp: 35-38.*
- Salgado M., L., P. Ramírez V., M.N. Rodríguez G. y F. Utrera Q. 2011. Calidad externa de acervos genéticos regionales de jitomate nativos de México. *In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). 10-14 de abril. Culiacán, Sinaloa. México. pp:155.*
- Saltveit, M. E. 2005. Fruit ripening and fruit quality. *In: Tomatoes. Heuvelink, E. (ed), Wallingford, Oxfordshire, GBR. pp: 145-170.*

- Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae* 109: 248–253.
- SECOFI (Secretaria de Comercio y Fomento Industrial). 1982a. Norma mexicana NMX-F-032-1982. Alimentos: jugo de tomate envasado. Dirección general de normas comerciales. Naucalpan de Juárez, estado de México. 9 p.
- SECOFI (Secretaria de Comercio y Fomento Industrial). 1982b. Norma mexicana NMX-F-025-1982. Alimentos para humanos. Pasta de tomate envasada. Dirección general de normas comerciales. Naucalpan de Juárez, estado de México. 7 p.
- Schnitzler, W. H. and S. Krauss. 2010. Quality and health promoting compounds of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under salinity. *Acta Horticulturae* 856: 21-30.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC*. Lunteren, Wageningen, The Netherlands. pp: 633-649.
- Stevens, M. A., A. A. Kader, M. Albright-Holton and M. Algazi. 1977. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(5): 680-689.
- Tadeo, F. R. y A. Gómez-Cadenas. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. *In: J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2ª edición. Madrid, España. pp: 577-597.
- Urrieta V., J. A.; Rodríguez M., M. N.; Ramírez V., P.; Santizo R., J. A. y Ruíz P., L. M. 2008. Calidad del fruto de tomate de costilla en postcosecha. *In: Memoria del XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética*. SOMEFI. Chapingo, estado de México. México. pp: 228.

CONCLUSIONES GENERALES

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva afectó el rendimiento y calidad de fruto de tomates nativos cultivados en invernadero.

El nivel óptimo de conductividad eléctrica para la producción de tomates nativos es de 2 dS m^{-1} .

Con base en el rendimiento, los genotipos nativos evaluados mostraron un alto potencial para ser cultivados en sistemas hidropónicos e invernadero.

Los genotipos nativos presentaron un alto potencial en sus características de calidad organoléptica que podrían ser utilizadas para el desarrollo de variedades mexicanas mejoradas con frutos de alto valor comercial y nutracéutico, y como fuentes de germoplasma en los programas de mejoramiento genético.

Las hipótesis planteadas en este trabajo de investigación se aceptan.

ANEXOS

Anexo A. Plantas de algunos genotipos nativos sobresalientes en rendimiento en el experimento 1.



PUETHNE1- 128



PUETHNE1- 197



PUETHNE1- 109



PUETHNE1- 13



PUETHNE1- 135

Anexo B. Efecto de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva Steiner en plantas de algunos genotipos evaluados en el experimento 2.

CE= 1 dS m⁻¹

CE= 2 dS m⁻¹

CE= 3 dS m⁻¹



CE= 1 dS m⁻¹

CE= 2 dS m⁻¹

CE= 3 dS m⁻¹

