



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**CALIDAD DE SEMILLA DE GENOTIPOS DE JITOMATE CRIOLLO (*Solanum*
lycopersicum L.) EN HIDROPONÍA**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

PRESENTA

ADAME RAMÍREZ JOSÉ ALEJANDRO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO PALEMÓN ALBERTO

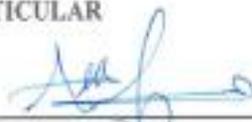
IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO., MÉXICO. JULIO DE 2019

La presente tesis titulada: **CALIDAD DE SEMILLA DE GENOTIPOS DE JITOMATE CRIOLLO (*Solanum lycopersicum* L.) EN HIDROPONÍA**, realizada por el alumno **JOSÉ ALEJANDRO ADAME RAMÍREZ**, forma parte del proyecto de investigación: **"CONSERVACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE TOMATE NATIVOS DE MÉXICO"**, que fue aprobado por un comité Evaluador de la Dirección de Investigación de la UAGro, para financiamiento según convocatoria de junio de 2013. El presente proyecto forma parte de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Alimentos y Productos Naturales, del Cuerpo Académico: Producción Integral de Alimentos con clave: UAGro-CA-166. Bajo la dirección del comité particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para:

**OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

COMITÉ PARTICULAR

DIRECTOR:



DR. FRANCISCO PALEMÓN ALBERTO

CO-DIRECTOR DE TESIS:



DR. AGUSTÍN DAMIÁN NAVA

ASESOR:



DR. ELÍAS HERNÁNDEZ CASTRO

ASESORA:

DRA. DOLORES VARGAS ÁLVAREZ

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO, MÉXICO, JULIO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, por la oportunidad para lograr mi superación personal.

Al CONACYT, por haberme otorgado la beca para efectuar mis estudios de Maestría en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Al Dr. Francisco Palemón Alberto, por sus valiosos consejos, comprensión, paciencia y sobre todo por brindarme sus conocimientos y apoyo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

Al Dr. Elías Hernández Castro, por las facilidades brindadas en todos los trámites y el apoyo incondicional cada vez que fue necesario.

Al M. C. Adrián Hernández Livera, por permitirme usar el laboratorio de Análisis de Semillas.

A los futuros ingenieros, Adriana Morales, Yanet Alarcón, Eduardo Zavaleta, Pablo Rufino y Micaela Guzmán, por el apoyo brindado durante el establecimiento del experimento.

A los profesores de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local que contribuyeron en mi formación académica.

A mis asesores: Dr. Agustín Damián Nava y a la Dra. Dolores Vargas Álvarez por contribuir con sus valiosas sugerencias para la mejora de la presente tesis.

DEDICATORIAS

A mi madre:

Por su apoyo, comprensión y amor. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y me ha enseñado a perseverar para conseguir mis objetivos.

A mi hermana:

Quien con su ejemplo, dedicación y cariño, me impulso en cada momento para seguir adelante.

A mi hermano:

Por siempre estar presente en los momentos difíciles.

A mi sobrina:

Esperando que mi esfuerzo le sirva de ejemplo para tratar de ser mejor cada día.

A mis compañeros:

A mis compañeros del grupo con quienes compartí alegrías en esta etapa de estudios y que todas sus metas alcanzadas los motive a ser cada día mejores seres humanos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS DEL TEXTO.....	i
RESUMEN GENERAL.....	iii
I INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. Bibliografía.....	2
II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.3. Hipótesis.....	5
III POTENCIAL AGRONÓMICO DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	6
3.1. Resumen.....	6
3.2. Abstract.....	7
3.3. Introducción.....	8
3.4. Materiales y métodos.....	9
3.5. Resultados y discusión.....	12
3.6. Conclusiones.....	20
3.7. Bibliografía.....	21
IV CALIDAD DE SEMILLA DE POBLACIONES DE JITOMATE NATIVO (<i>Solanun lycopersicum</i> L.).....	26
4.1. Resumen.....	26
4.2. Abstract.....	26
4.3. Introducción.....	27

4.4. Materiales y métodos.....	29
4.4.1. Variables evaluadas.....	31
4.4.2. Análisis estadístico.....	33
4.5. Resultados y discusión.....	33
4.6. Conclusiones.....	39
4.7. Bibliografía.....	39
V EFECTO DEL VIGOR DE LAS SEMILLAS DE JITOMATE CRIOLLO	
(<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	42
5.1. Resumen.....	42
5.2. Abstract.....	43
5.3. Introducción.....	43
5.4. Materiales y métodos.....	45
5.4.1. Variables de estudio.....	48
5.5. Resultados y discusión.....	50
5.5.1. Análisis de varianza.....	50
5.5.2. Comparación de medias.....	52
5.6. Conclusiones.....	57
5.7. Bibliografía.....	58
VI CONCLUSIONES GENERALES.....	60
VIII BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	61

ÍNDICE DE CUADROS DEL TEXTO

Cuadro

1	Descripción y origen de los genotipos de jitomate utilizados.....	9
2	Análisis químico del agua utilizada para el riego.....	11
3	Análisis químico y nutrimental de la compost.....	11
4	Cuadros medios del análisis de varianza de cinco variables en 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo junio – octubre 2017.....	12
5	Cuadros medios del análisis de varianza de cuatro variables en 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo junio – octubre 2017.....	13
6	Medias de 16 genotipos de jitomate criollo evaluados en seis medios hidropónicos. Periodo Junio – Octubre de 2017. Tuxpan, Gro.....	16
7	Comparación de medias de ocho variables por el efecto de los tratamientos utilizados para la evaluación de 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo Junio – Octubre de 2017. Tuxpan, Gro.....	19
8	Relación de genotipos nativos de jitomate utilizados.....	30
9	Cuadros medios del análisis de varianza de seis pruebas de calidad de semilla en 16 genotipos de jitomate nativo. Periodo junio – octubre 2017.....	33
10	Comparación de medias de seis caracteres de calidad de la semilla en 16 genotipos de jitomate nativo.....	36
11	Comparación de medias de seis variables de calidad de semilla de jitomate nativo, evaluadas por el efecto de seis tratamientos.....	38
12	Relación de genotipos nativos de jitomate utilizados.....	46
13	Cuadros medios del análisis de varianza de siete variables evaluadas en 16	

	genotipos de jitomate criollo con efecto de seis tratamientos, para determinar el vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado.....	51
14	Comparación de medias de siete variables evaluadas en 16 genotipos de jitomate criollo, para determinar vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado. Periodo Junio – Octubre de 2017. Tuxpan, Guerrero.....	53
15	Comparación de medias de siete variables, mediante el efecto de seis tratamientos, para determinar vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado.....	55
16	Comparación de medias de siete variables por el efecto la prueba del envejecimiento acelerado en semillas de jitomate.....	57

RESUMEN GENERAL

Las semillas de alta calidad física, fisiológica, genética y fitosanitaria de cualquier cultivo, requiere de buenas prácticas para producirlas, conservarlas, analizarlas y distribuirlas para su siembra.

Se realizó un experimento que consistió en dos etapas (campo y laboratorio) con el objetivo de conocer el comportamiento agronómico y la calidad de las semillas por el efecto de la solución nutritiva en 16 genotipos nativos de jitomate. Para la fase de campo se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar donde se evaluaron 16 genotipos de jitomate criollo (cuatro originarios de Puebla, dos de Guerrero, ocho de Oaxaca y dos de Yucatán) en condiciones de Bioespacio. Como sustrato se utilizó composta y se aplicaron seis medios hidropónicos (MH) correspondiente a cuatro diferentes volúmenes (520, 420, 320 y 220 ml) de una solución nutritiva Steiner, más una solución acidificada (agua con un pH de 5.8) y un testigo (agua con un pH 8). Se encontraron diferencias significativas entre los genotipos para todas las variables y la comparación de medias mostró que estas diferencias están distribuidas para todos los genotipos. Los medios hidropónicos (MH) no afectaron significativamente a las variables: AP, NTH, PF, esto indica que la mayoría de las características agronómicas de los genotipos fueron afectadas ante los diferentes MH. El comportamiento agronómico de los jitomates nativos expresaron respuesta diferencial en los medios hidropónicos. La evaluación de la semilla (fase de laboratorio) se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones para la calidad física, y cuatro repeticiones para la calidad fisiológica. En el análisis de varianza, para genotipos, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para todos los caracteres de calidad física y fisiológica, mientras que en los tratamientos, solo el porcentaje de germinación no presentó

diferencias significativas. La mejor calidad física se obtuvo al aplicar el primer tratamiento (520 ml de SN) en la etapa vegetativa de los genotipos, ya que se obtuvieron resultados de contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico (8.55 %, 2,97 g y 24.47 Kg hL⁻¹), mientras que en la calidad fisiológica no se reflejó el efecto de los tratamientos, pero se observaron resultados favorables de germinación (93.06%), semillas viables (96.81%) y semillas no viables (3.18%) aceptables. Mientras que para la determinación de vigor, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde se realizaron dos pruebas de germinación estándar: la primera, en que las semillas fueron sometidas a estrés a una temperatura de 41 °C más una humedad relativa del 100% durante 72 horas, las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, semillas sin germinar, velocidad de emergencia, longitud de plántula, longitud de raíz, peso seco de la plántula y peso seco de la raíz. Los resultados indican que existen genotipos que superaron el 90% de germinación y una velocidad de emergencia de tres días. Los resultados sugieren que la prueba del envejecimiento acelerado permitió observar que la longitud de plántula, peso seco de plántula y velocidad de emergencia fueron afectadas por el estrés al someter las semillas a dicha prueba.

Palabras clave: jitomates nativos, solución nutritiva, germinación estándar, envejecimiento acelerado, vigor.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) es la hortaliza número uno que se cultiva y se consume en el mundo, donde México se posicionó en el primer lugar en el año 2016, exportado un 25.11%, y se produjo un total de 3.35 millones de toneladas (SIAP-SAGARPA, 2017). Para abastecer la demanda de semilla de jitomate en México, se necesita aproximadamente 7.6 t de semillas; de las cuales, 3 t (40%) son híbridos y un 4.6 t (60%) corresponde a variedades de polinización libre (Tornero, 1998). El 95 % de la producción de semillas esta monopolizada por Estados Unidos, Holanda y Francia (Rodríguez, *et al.*, 2001); invirtiendo gran cantidad de dinero en sus programas de mejoramiento genético, lo cual implica un alto valor en la venta de semilla (Duvick, 1999). Las semillas de jitomate que se comercializan en México, se producen en este país y posteriormente son enviadas a EE.UU. o Europa donde se les practica el beneficio y se empaacan; para posteriormente importarlas a México como semilla de alta calidad. Esta semilla es muy costosa, con un valor en el mercado cercano a \$150,000.00 por kg (Juárez *et al.*, 2000). Razón para que los pequeños productores decidan en utilizar semillas criollas de jitomate.

En México, los pocos agricultores que producen su propia semilla, lo realizan de acuerdo con sus requerimientos y necesidades. El proceso de selección, beneficio y conservación de semillas difiere entre agricultores (Rodríguez *et al.*, 2009., Kraft *et al.*, 2010), el cual se inicia con la selección de frutos con buenas características físicas y fitosanitarias (Osorio, 2014). Para que la semilla se considere de buena calidad debe cumplir con atributos relacionados con la calidad genética, física, fisiológica y sanitaria (Besnier, 1989; Copeland y McDonald, 1995).

Calidad de semilla es un término que se utiliza para darle una descripción a un lote de semillas, este debe contener componentes esenciales de la especie como: pureza física, pureza varietal,

vigor, germinación, contenido de humedad y sanidad de la semilla (Copeland y McDonald, 2001). Bishaw *et al.* (2017) señala que para que exista una buena calidad de la semilla, esta debe de comprender de 4 atributos clave, los cuales son: Calidad genética: es determinada por el genotipo, esta proporciona el potencial para un buen rendimiento, mayor tolerancia a estrés biótico y abiótico y tienen características genotípicas únicas. Calidad fisiológica: expresada por el vigor, viabilidad y germinación de las semillas, que determinan su potencial para germinar, emergencia de las plántulas y establecimiento del cultivo en campo. Calidad física: comprende la uniformidad, peso y tamaño de las semillas, debe de libre de semillas de otros cultivos, de malezas y materia inerte. Calidad sanitaria: implica que las semillas se encuentren ausentes de plagas y microorganismos, como pueden ser hongos, bacterias, virus, nematodos, insectos, etc.

Uno de los problemas, que presenta la calidad de las semillas y a sus caracteres, es la poca importancia que se le dan a los programas de mejoramiento genético. Sin embargo, estos caracteres pueden facilitar la producción, al lograr la emergencia en campo y favorecer un mayor rendimiento (Carballo, 1992). La gran diversidad y la importancia que existe de estos materiales nativos de jitomate, los cuales se desconocen los estándares de calidad de semilla, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de la semilla de 16 genotipos nativos de jitomate por efecto de solución nutritiva (Steiner, 1984), bajo condiciones de bioespacio en Iguala de la Independencia, Guerrero.

1.2. Bibliografía

Besnier, R. F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

637 p.

- Bishaw, Z.; Niane A. A. and Gan. Y. 2007. Quality seed production. Yadav, S. S. (Eds.). *In: Lentil: an ancient crop for modern times*. Springer. Holanda. pp. 349-383.
- Carballo, C. A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. *In: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. pp. 80-101.*
- Copeland, O. L. and McDonald, B. M. 2001. Principles of seed science technology. 4 ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. pp. 121-144.
- Copeland, O. L. and McDonald, B. M. 1995. Principles of seed science and technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA 409 p.
- Duvick, D. N. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis. *In: Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J D Coors, S Pandey (eds). Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA. pp: 295-304.
- Juárez L. G., F. Sánchez del C. y E. Contreras M. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. *Rev. Chapingo serie Hort.* 6: 19-23.
- Kraft, K. H., J. J. Luna-Ruiz, and P. Gepts. 2010. Different seed selection and conservation practices for fresh market and dried chile farmers in Aguascalientes, México. *Economic Botany.* 64 (4) 318–328.

- Moreno, M. E. Vázquez, M. E. Rivera A. Navarrete R., Esquivel, F. 1988. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Sci. Technol.* 26:439-448.
- Osorio, R., Oliva, Servia, C., José L., & Carrillo-Rodríguez, José C. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(1): 35-51.
- Perry, D. A. 1972. Seed vigour and field establishment. *Hort. Abstr.* 42:334-342.
- Rodríguez, G. E., D. Vargas C., J. J. Sánchez G., R. Lépiz I., A. Rodríguez C., J. A. Ruiz C., P. Puente O., y R. Miranda M. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo.* 7 (2) 46-59.
- Rodríguez R. R., J. M. Tabares R. y J. A. Medina J. 2001. *Cultivo Moderno del Tomate*. Mundi Prensa. Madrid, España. 255 p.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesca (SIAP), 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En línea: <https://www.gob.mx/siap> (consulta, 2017)
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-649.
- Tornero C. M. A. 1998. Efecto de la nutrición en la producción de fruto y calidad de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en fertirrigación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 128 p.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

- Conocer el comportamiento agronómico de 16 genotipos de jitomate criollo cultivados en hidroponía.
- Determinar el efecto de la solución nutritiva sobre la calidad de las semillas de los genotipos criollos de jitomate.

2.2. Hipótesis

- Los genotipos de jitomate criollo presentaran similar comportamiento agronómico al estudiarlos en hidroponía.
- La calidad de semilla de las poblaciones nativas de jitomate presentará variabilidad genética en tamaño, forma, peso y volumen de solución nutritiva.

III. POTENCIAL AGRONÓMICO DE POBLACIONES NATIVAS

DE JITOMATE (*Solanun lycopersicum* L.)

3.1. Resumen

Las poblaciones nativas de jitomates (*Solanun lycopersicum* L.) ofrecen un potencial de diversidad genética que puede emplearse como fuente de resistencia a factores bióticos y abióticos en programas de fitomejoramiento de esta especie. Los sistemas de producción en condiciones de bioespacio son cada vez más frecuentes y para aprovechar los materiales nativos de jitomates, se planteó como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de 16 genotipos nativos de jitomates criollos (cuatro originarios de Puebla, dos de Guerrero, ocho de Oaxaca y dos de Yucatán) en condiciones de bioespacio durante el año 2017, sembrados en bolsas rellenas con composta, como sustrato se utilizó composta y se aplicaron seis medios hidropónicos (MH) correspondiente a cuatro volúmenes (520, 420, 320 y 220 mL) de una solución nutritiva Steiner (1984), más una solución acidificada (agua con pH de 5.8) y un testigo (pH 8). Los 96 tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 16 x 6 con 5 repeticiones, una planta por repetición. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AP), diámetro basal del tallo, número total de hojas de la planta (NTH), inicio de floración, cuajado de fruto, peso de fruto (PF), largo y ancho de fruto, sólidos solubles. El análisis de varianza, entre genotipos mostró significancia en las variables evaluadas, lo cual indica que los materiales son diferentes genotípicamente y fenotípicamente. Los medios hidropónicos (MH) no afectaron significativamente a las variables: AP, NTH, PF, esto indica que la mayoría de las características agronómicas de los genotipos fueron afectadas ante los diferentes MH. El comportamiento agronómico de los jitomates nativos expresaron respuesta diferencial en los medios hidropónicos.

Palabras clave: Poblaciones nativas, Hidroponía, Composta.

3.2. Abstract

The native populations of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) offer a potential of genetic diversity that can be used as a source of resistance to biotic and abiotic factors in breeding programs of this species. Production systems under bio-space conditions are becoming more frequent and to take advantage of the native materials of tomatoes, the objective is to evaluate the agronomic behavior of 16 native genotypes of creole tomatoes planted in bags filled with compost by different hydroponic means. Sixteen Creole tomato genotypes were evaluated (four from Puebla, two from Guerrero, eight from Oaxaca and two from Yucatan) under bio-space conditions during the year 2017. As a substrate, compost was used and six hydroponic mean (MH) were applied. Four concentrations of a nutrient solution Steiner (1984), plus an acidified solution with a pH of 5.8 and a control (pH 8). The 96 treatments were distributed in a completely randomized design with 16 x 6 factorial arrangement with 5 repetitions, one plant per repetition. The evaluated variables were: Height of plant (AP), basal diameter of the stem, total number of leaves of the plant (NTH), beginning of flowering, fruit setting, fruit weight (FP), length and width of fruit, solids soluble. The analysis of variance between genotypes showed significance in the variables evaluated, which indicates that the materials are different genotypically and phenotypically. Hydroponic media (MH) did not significantly affect the variables: AP, NTH, PF, this indicates that most of the agronomic characteristics of the genotypes were affected before the different MH. The agronomic behavior of the native tomatoes expressed differential response in the hydroponic media.

Key words: Native populations, Hydroponics, Compost.

3.3. Introducción

América del Sur es considerada como centro de origen del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Peralta y Spoone, 2007); sin embargo, México fue su centro de domesticación (Bai y Lindhout, 2007), donde existen numerosos genotipos silvestres (Rick, 1986; Jones *et al.*, 2000), que en ocasiones son considerados malezas. Generalmente los jitomates criollos presentan frutos diversas formas, existen desde arriñonados grandes a redondos pequeños (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2009), donde regularmente no son atractivos por dichas formas. Este germoplasma representa una importante diversidad genética que puede emplearse como fuente de resistencia a factores bióticos, abióticos y de caracteres de importancia agronómica en programas de fitomejoramiento de esta especie (Foolad, 2007; Bergougnoux, 2014). Los programas de mejoramiento buscan genes además de conferir resistencias a plagas y enfermedades contribuyan con los caracteres relacionados a la calidad del fruto (Bhandari *et al.*, 2016).

En México, la mayor parte de las poblaciones nativas se concentran en pequeños agroecosistemas, que van desde el centro hasta el sureste del país, su medio de producción va desde huertos familiares hasta pequeñas parcelas no superiores a 1000 m², donde su comercialización es de forma local (Ríos-Osorio *et al.*, 2014). De acuerdo a Ríos-Osorio *et al.* (2014), no existen variedades registradas en México con frutos tipo arriñonado.

Con el objeto de aprovechar la diversidad de materiales nativos mexicanos de jitomates, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de 16 genotipos nativos de jitomates criollos sembrados en composta mediante medios hidropónicos bajo condiciones de bioespacio.

3.4. Materiales y métodos

En esta investigación se utilizaron semillas de 16 genotipos de jitomates criollos de hábito de crecimiento indeterminado (Cuadro 1). La evaluación se efectuó en un bioespacio de 200 m², cubierto con malla sombra, con una reducción del 80% de radiación solar, las temperaturas máximas y mínimas dentro del espacio fueron de 38.4 y 18.1 °C, con humedades relativas máximas y mínimas de 95.2 y 32.2%. Se realizó durante los meses de julio a noviembre del 2017, en Tuxpan, Guerrero, (18° 25' 16" N y 99° 35' 40" O; altitud 731 m; clima cálido subhúmedo, con una temperatura anual de 27 a 38 °C) (García, 1981). Se evaluaron cinco medios hidropónicos de los cuales correspondieron a la aplicación de T1: 520, T2: 420, T3: 320 y T4: 220 mL de la solución nutritiva (Steiner, 1984), con una conductividad de 1.5 dS m⁻¹ con un pH de 5.8, un medio salino (T5) (agua de la zona con pH=5.8) y un testigo (T6) (agua potable con pH =8), asimismo se realizó un análisis químico al agua utilizada (Cuadro 2); para disminuir el pH de los tratamientos se usó ácido fosfórico al 85%. La combinación de 16 genotipos y seis medios hidropónicos, resultó en 96 tratamientos las cuales se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, con cinco repeticiones. La unidad experimental fue una planta por repetición.

Cuadro 1. Descripción y origen de los genotipos nativos de jitomate utilizados.

Genotipo	Clave de identificación	Lugar de procedencia	Tipo
G1	P13TEHPB-2	Puebla	Bola
G2	P21ZINPB-3	Puebla	Calabaza
G3	P23ZINPB-4	Puebla	Arriñonado
G4	P25ZINPB	Puebla	Arriñonado

G5	P47THOAX-7	Oaxaca	Arriñonado
G6	P48THOAX-8	Oaxaca	Calabaza
G7	P50THOAX-10	Oaxaca	Bola
G8	P51MXOAX-11	Oaxaca	Pimiento
G9	P61MXOAX-12	Oaxaca	Arriñonado
G10	P65VCOAX-13	Oaxaca	Arriñonado
G11	P70VCOAX-16 ^a	Oaxaca	Arriñonado
G12	P77VCOAX-21	Oaxaca	Arriñonado
G13	P81MEYUC-22	Yucatán	Arriñonado
G14	P90MEYUC-23	Yucatán	Bola pequeño
G15	P37CH1GRO	Guerrero	Arriñonado
G16	P108J3LE	Guerrero	Cherry

La siembra se realizó el 1 de junio del 2017, en contenedores con capacidad de un litro, se utilizó composta como sustrato (mezcla de estiércol bovino, hojarasca de tamarindo) para rellenar los vasos y posteriormente se depositaron tres semillas para su germinación adicionalmente se realizó el análisis químico a la composta (Cuadro 2). Por otra parte, a los 15 días después de la siembra se aplicó captan 500 WP (fungicida) en dosis de 1.5 g L⁻¹ de agua para prevenir enfermedades. El trasplante se llevó a cabo el 01 de julio; donde se colocó una planta en cada bolsa de polietileno de color negro de 40x40 cm previamente rellenos con composta como sustrato, las plantas fueron guiadas a un solo tallo, tutoradas con rafia y se eliminaron los brotes axilares. El riego se aplicó tres veces a la semana en forma manual a los 20 ddt (días después del trasplante).

Cuadro 2. Análisis químico del agua utilizada para el riego

CE	pH	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
(dS m ⁻¹)		-----ppm-----							meq/L
0.282	7.59	1.11	42.55	18.03	59.66	2.94	51.34	52.52	6.125

Los resultados son de acuerdo al análisis químico realizado en el laboratorio del área de Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Cuadro 3. Análisis químico y nutrimental de compost.

CE	pH	N	P	K	SO ₄	Ca ⁺	Mg ⁺	Na ⁺	NH ₄	NO ₃ ⁻
(dS/m ⁻¹)		%	mg/kg ⁻¹	cmol/kg-1		-----meq/L-----			----Mg/kg----	
3.08	7.06	0.93	0.01	0.03	0.25	5.01	11.83	0.62	59.5	36.4

Los resultados son de acuerdo al análisis químico realizado en el laboratorio del área de Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

En cada planta se tomaron las siguientes variables: 1) Altura de planta (ADP), 2) Número total de hojas por planta (NTH), 3) Altura al primer racimo de fruto floral (APRF), 4) Inicio de floración (IDF), días a presencia de flores en el primer racimo, 5) Cuajado de fruto (CDF), días en que se presentaron los primeros frutos del primer racimo, 6) Peso (g) de fruto (PF), se registró el peso individual de 10 frutos por tratamiento, 7) Diámetro polar del fruto (DPF), 8) Diámetro ecuatorial del fruto (DEF) y 9) Solido solubles totales (SST).

Cada variable se sometió a un análisis de varianza; la comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.01$ y 0.05 %), Se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2003), versión 9.0.

3.5. Resultados y discusión

En la fuente de variación genotipos (G) se observó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), para todas las variables evaluadas, mientras que en la fuente variación tratamientos (T), las variables, altura de planta (ADP), altura al primer racimo floral (APRF), inicio de floración (IDF), cuajado de fruto (CDFR); diámetro ecuatorial del fruto (DEF) mostraron significancia estadística ($p \leq 0.05$), mientras que las, el número total de hojas por planta (NTH), diámetro polar del fruto (DPF) peso de fruto (PF) y solidos solubles totales (SST) no mostraron significancia estadística.

El la interacción genotipos por tratamientos (G*T) se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las variables como, la altura al primer racimo floral (APR), inicio de floración (IDF) y solidos solubles totales (SST), en cambio las variables cuajado de fruto al primer racimo (CDF) y diámetro polar (DP), mostraron significancia estadística ($p \leq 0.05$), mientras tanto, las variables altura de planta (ADP), número total de hojas (NH), diámetro ecuatorial del fruto (DEF) y peso de fruto (PF) no mostraron significancia . De acuerdo a los resultados, el coeficiente de variación obtenido en el experimento, indican que son confiables al exhibir valores menores al 30 %, caso contrario ocurrió en la variable, peso de fruto (PDF). Esto indica que existe una amplia variabilidad genética y bioquímica, la cual ofrecen amplias posibilidades de mejoramiento por tamaño y calidad de fruto.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco variables en 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo junio – octubre 2017.

FV	GL	ADP	NTH	APR	IDFF	CDFR
Genotipo (G)	15	2217.8**	36.9 **	2218 **	222.9 **	344 **
Tratamiento (T)	5	534.58*	10.05	535*	52.6	51.2*
G * T	75	443.90	8.8	444**	37.4**	33.1*
C.V. (%)		16.99	10	17	10	9

FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; G*T: Interacción genotipo por tratamiento; C.V.: Coeficiente de variación; *, **: significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; ADP: Altura de planta; NTH: Número total de hojas por planta; APRF; Altura al primer racimo floral; IDF: Inicio de floración floral; CDFR: Cuajado de fruto.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro variables en 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo junio – octubre 2017.

FV	GL	DEF	DPF	PF	SST
Genotipo (G)	15	31649.4**	2353.6**	19536.1*	3.6**
Tratamiento (T)	5	494.7*	141.5	2299.9	2.0
G * T	75	167.4	93*	1846.7	1.5 **
C.V. (%)		20.5	17	45.4	19

FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; G*T: Interacción genotipo por tratamiento; C.V. (%): Coeficiente de variación; *, **: significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; DEF: Diámetro ecuatorial de fruto; DP: Largo del fruto; PF: Peso de fruto; SST: Sólidos solubles totales.

Al comparar los valores promedios para altura de planta se observó que el genotipo P108J3LE presentó el mayor valor (200.5 cm), aunque estadísticamente no superó al genotipo P70VCOAX-16a (184.9 cm); mientras que los 14 genotipos restantes, fueron superados estadísticamente. Al contrastar los valores extremos de los genotipos se encontró una variación estadística de 39.2 cm en altura de planta. Estos resultados indican que existe variación fenotípica dentro y entre genotipos. Peralta *et al.* (2016), reportaron en promedio 1.2 m en altura de planta, al evaluar 100 colectas de jitomate bajo condiciones de campo, estos resultados difieren con los obtenidos en la presente investigación, dado que se observó 174.1 cm de altura de planta, esto puede deberse a que la altura de planta de los genotipos se midió hasta el final del ciclo vegetativo. Carrillo y Chávez (2010) reportaron en promedio 155 cm en altura de planta al evaluar poblaciones nativas de jitomate, resultados inferiores a los encontrados en el presente trabajo. La variación en altura de planta es debido a la respuesta de los genotipos en las condiciones ambientales donde fueron expuestos para expresar su potencial genético, manejo agronómico y tipo de suelo y sustrato. En cuanto la altura al primer racimo floral (APRF), el genotipo P108J3LE presentó una mayor altura (106.8 cm) y estadísticamente superó estadísticamente a los genotipos restantes, mientras que, el genotipo P70VCOAX-16 expresó menor altura al primer racimo (68.9 cm). Rodríguez *et al.* (1998), reportó que la altura de planta está relacionada con el número total de hojas; entre mayor la planta, mayor número de hojas de planta. Los genotipos que presentaron mayor número de hojas fueron el P25ZINPB, P48THOAX-7, P70VCOAX-13 y P108J3LE con promedios de 29.4, 29.7, 29.4 y 29.1; en cambio los genotipos que fueron superados estadísticamente son P50THOAX- y P61MXOAX-12 con promedios de 26.2 y 25.9.

El inicio de floración del genotipo P108J3LE puede considerarse como tardía, debido a que fue observada a los 53.9 días; mientras que el genotipo P61MXOAX-12 fue precoz, al exhibir su floración al primer racimo a los 43 días después de la siembra; estos resultados concuerdan con

los reportados por Juárez-López *et al.* (2012), los autores evaluaron siete genotipos nativos de jitomate en hidroponía y observaron 42.2 a 46.7 días a floración. Cabe mencionar que esta característica (IDF) es deseable para los agricultores y los fitomejoradores, ya que en menor tiempo posible se presente la floración, más temprana será la cosecha de frutos (Ho y Hewitt, 1986). Por otra parte, se puede mencionar que a los cinco días después del inicio de la floración el genotipo P65VCOAX-13, inicio el proceso de cuajado de fruto (CDF) a los 47 días, la cual se puede considerar como el genotipo más precoz; mientras que el más tardío correspondió a P108J3LE; es decir, que el cuajado de fruto se observó 14 días después del genotipo más precoz. Los mayores valores promedios fueron observados en peso de fruto (PF), diámetro polar de fruto (DPF) y diámetro ecuatorial de fruto (DEF) y lo expresaron los genotipos P47THOAX-7 y P25ZINPB, cabe mencionar que estos genotipos son de frutos grandes y de tipo arriñonado, estos resultados no coincidieron con los pesos de las colectas que evaluaron Bonilla-Barrientos *et al.*, (2014), quienes encontraron pesos de 81.25 g en frutos arriñonados, mientras que Maldonado-Peralta *et al.* (2016) reportaron como valor promedio de 85.6 g el peso de fruto de una población nativa de jitomate; mientras que en la presente investigación se observó en promedio 120.2 g en el peso de fruto. Por lo contrario, el genotipo P108J3LE presentó mejores valores promedios en peso de fruto (19.4 g), diámetro polar de fruto (28.2 mm) y diámetro ecuatorial de fruto (35.2 mm), este resultado se debe a que el tamaño de fruto es pequeño.

En la presente investigación, el genotipo P81MEYUC-22 presentó mayor valor promedio (5.2 °Brix), de sólidos solubles totales (Cuadro 2), y de acuerdo con Batu (2014) el contenido de sólidos solubles totales (SST) es considerado como uno de los criterios de calidad más importante para el cultivo de jitomate, y para que un genotipo sea aceptable para la industria o consumo en fresco debe tener como mínimo 4.5 °Brix (Diez, 2001). Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) al evaluar

colectas de jitomates arriñonados y tipo pimiento, reportaron valores promedio de 4 a 6 °Brix, resultados similares a los observados en el presente trabajo. Los genotipos que presentaron estas características pueden considerarse y seleccionarse para darles seguimiento en un programa de mejoramiento genético, ya que son prometedores en calidad de fruto.

Cuadro 6. Medias de 16 genotipos de jitomate criollo evaluados en seis medios hidropónicos. Periodo junio – octubre de 2017. Tuxpan, Gro.

Genotipos	ADP (cm)	APRF (cm)	NTH (n)	IDF (d)	CDFR (d)	DEF (mm)	DPF (mm)	PF (gr)	SST (°brix)
P13TEHPB- 2	170.3b cd	74.3b c	28ab	44cd	50bc	65.4a b	43cdef	107ab c	4.1cd
P21ZINPB-3	170.7b cd	71.3b c	27abc	44cd	49bc	67.7 ^a	47.4cd	114ab	4.4bcd
P23ZINPB-4	177.7b cd	75.2b c	27abc	47bc	52b	58.1a b	61.0a	101ab c	4.4bcd
P25ZINPB	173.8b cd	76.0b c	29a	45cd	50bc	66.2 ^a	47.8bc	122a	4.3cd
P47THOAX- 7	167.8b cd	80.0b c	27abc	46bc d	51bc	64.6a b	59.5a	120a	4.3cd
P48THOAX- 8	178.6b cd	73.8b c	30a	48b	48bc	56.6a b	34.6gh	72c	4.5abc d
P50THOAX- 10	163.1c d	71.6b c	27abc	45cd	50bc	60.0a b	38.1fg	75c	4.7abc
P51MXOAX	166.5c	75.7b	26bc	44cd	48bc	61.7a	48.6bc	104ab	4.3cd

-11	d	c				b		c	
P61MXOAX	179.7b	75.4c	27abc	45cd	49bc	63.4a	48.6ab	117ab	4.8abc
-12	c	b				b			
P65VCOAX-	180.3b	77.0b	25c	43d	47c	61.5a	45cde	104ab	5.1ab
13	c	c				b		c	
P70VCOAX-	184.9a	68.9c	29a	44cd	48bc	61.7a	37.6fg	86abc	4.4bcd
16 ^a	b					b			
P77VCOAX-	176.8b	75.1b	27abc	44cd	49bc	59.8a	39.5def	91abc	4.0 d
21	cd	c				b	g		
P81MEYUC-	161.3d	75.4b	27abc	46cd	51bc	63.5a	38.7efg	87abc	5.2 a
22		c				b			
P90MEYUC-	171.8b	83.3b	27abc	44cd	50bc	58.1a	45.2cde	81bc	4.6adc
23	cd					b			d
P37CH1GR	162.3c	81.3c	27abc	50ab	57a	55.1b	38.6efg	73c	4.6abc
O	d	b							d
P108J3LE	200.5a	106.8	29a	54a	60a	35.2c	28.2h	20d	4.8abc
		a							
DSH	18.18	21.9	2.5	4.1	4.1	11.0	6.6	37.4	0.7
Media:	174.1	77.6	27.4	45.8	50.5	59.9	43.8	92.1	

Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); DSH: Diferencia significativa Honesta; ADP: Altura de planta; NTH: Número total de hojas; APRF; Altura al primer racimo floral; IDF: Inicio de floración; CDFR: Cuajado de fruto; DEF: Diámetro ecuatorial del fruto; DPF: Diámetro polar del fruto; PF: Peso del fruto; SST: Sólidos solubles totales.

La altura de planta fue afectada por los tratamientos aplicados en el experimento de jitomate. En general, los tratamientos con un mayor volumen de solución nutritiva (520 y 420 ml) y el testigo (agua potable con pH de 8.0) presentaron mayor altura de planta (176.7, 182.3 y 174.8 cm). Esto puede deberse al volumen aplicado a las plantas de jitomate ya que se desconoce la cantidad de agua que debe ser aplicada al cultivo de jitomate para obtener mayor respuesta fisiológica (González y Hernández, 2000). Los resultados de la presente investigación no concuerdan con los obtenidos por Moreno *et al.* (2005) ya que no encontraron variación en altura de planta, al utilizar diferentes fuentes de composta en comparación de un medio hidropónico ya que obtuvo en promedio 131.68 cm. Por el contrario, Rodríguez *et al.* (2009) reportaron 237 cm en altura de planta al aplicar como tratamiento arena + té de composta. Usar sustrato es una alternativa para cubrir parte de los requerimientos nutricionales del jitomate (Márquez y Cano, 2004; Raviv *et al.*, 2005), ya que en la presente investigación se observó variación en el comportamiento agronómico de los genotipos.

El número total de hojas (NTH) fue semejante para los seis tratamientos utilizados, ya que en promedio se obtuvo 27.9 hojas, este resultado fue similar a los reportados por Cruz *et al.* (2012), quienes observaron similitud en el número total de hojas al comparar el efecto de sustratos y soluciones nutritivas. Por otra parte, al aplicar 520 y 420 ml de solución nutritiva se observó mayor altura al primer racimo (79.35 cm), mientras que en el tratamiento tres (320 ml) se observó menor (72.9 cm).

El tratamiento 4 (220 ml) aceleró el inicio de la floración (44 días) y cuajado de fruto (49 días) de los genotipos, mientras que el tratamiento 2 (420 ml) retrasó la floración (46 días) y el cuajado de fruto (51 días). En el inicio de floración, los resultados de la presente investigación difieren con los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2009) quienes reportaron en promedio que a los 58 días inició

la floración en el genotipo granito al aplicar como tratamiento arena + fertilizantes inorgánico (La composición de la solución nutritiva empleada fue la recomendada por Rodríguez-Dimas *et al.* (2008)).

La calidad de jitomate, fue afectada por los tratamientos T1 y T4 (520 y 220 ml de solución nutritiva), específicamente en el diámetro ecuatorial del fruto (64.2 y 57.1 mm), estos resultados indican que el efecto de los tratamientos varió de acuerdo al volumen aplicado a las plantas de jitomate.

En peso del fruto (PF) y diámetro polar de fruto (DPF) no hubo variación al aplicar los tratamientos de solución nutritiva; los valores promedios fueron de 92.8 g y 44.2 mm Para el contenido de sólidos solubles totales (SST), se observó en promedio 4.5 °Brix, y de manera similar no se detectó variación entre los tratamientos, por lo tanto, en los genotipos criollos de jitomate no existe la necesidad de utilizar fertilizantes químicos, ya que al utilizar composta como sustrato y riegos normales (T6) se puede producir frutos de buena calidad referente al contenido de sólidos solubles totales, estos resultados fueron similares a los encontrados por Rodríguez *et al.* (2009) quienes al evaluar abonos orgánicos para producir frutos de jitomate, reportaron 4.5 y 4.7 °Brix al utilizar como tratamientos arena + té de compost y una mezcla de arena: compost + té de compost diluido.

Cuadro 7. Comparación de medias de nueve variables por el efecto de los tratamientos utilizados para la evaluación de 16 genotipos de jitomate criollo. Periodo junio – octubre de 2017. Tuxpan, Gro.

MH	ADP	APRF	NTH	IDF	CDF	DEF	DPF	PF	SST
----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----

1	176.7 ab	79.35 a	28.4 a	46.5 ab	51.5 ab	64.2 a	45.4 a	100.9 a	4.4 a
2	182.3 a	79.35 a	28.4 a	46.9 a	51.8 a	61.5 ab	44.5 a	94.9 a	4.5 a
3	168.9 b	72.9 b	27.6 a	44.9 ab	50.3 ab	59.8 ab	44.9 a	93.6 a	4.4 a
4	169.4 b	76.9 ab	27.8 a	44.8 b	49.6 b	57.1 b	42.7 a	86.3 a	4.5 a
5	172.5 b	77.3 6ab	27.6 a	46.1 ab	51.2 ab	58.3 b	45.5 a	87.0 a	4.7 a
6	174.8 ab	78.7 ab	27.8 a	45.8 ab	50.7 ab	59.9 ab	42.4 a	93.9 a	4.7 a
DSH	9.25	6.68	1.5	1.9	2.1	5.6	3.4	13.9	0.3
Media:	174.1	77.4	27.9	45.8	50.9	59.1	44.2	92.8	4.5

Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); ADP: Altura de planta; APRF: Altura del primer racimo floral; NTH: Número total de hojas; APRF; Altura al primer racimo floral; IDF: Inicio de floración; CDFR: Cuajado de fruto al primer racimo; DEF: Diámetro ecuatorial del fruto; DPF: Diámetro polar del fruto; PF: Peso del fruto; SST: Solidos solubles totales.

3.6. Conclusiones

Los genotipos P47THOAX-7, P50THOAX-8, P61MXOAX-12 y P65VCOAX-13 sobresalieron en precocidad, mostraron un inicio de floración, inferiores a los 45 días. Por otro lado, los genotipos P77VCOAX-21 y P61MXOAX-12 presentaron un alto contenido de sólidos solubles totales y pueden ser considerados como promisorias para su uso en mejoramiento genético.

Los tratamientos de solución nutritiva, no afectaron significativamente en el comportamiento agronómico de los genotipos, la composta tuvo mejor respuesta en la expresión de los caracteres del material genético evaluado en la presente investigación.

Con el uso de composta, los riegos fueron menos frecuentes en las macetas donde estuvieron trasplantados las plantas de jitomate, ya que se observó retención de humedad. Los genotipos estudiados presentaron características sobresalientes en precocidad, calidad de fruto y puede ser una alternativa para ser usados en un programa de mejoramiento genético o para futuros trabajos de investigación.

3.7. Bibliografía

Bai Y. and P. Lindhout .2007 Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100:1085-1094.

Batu A. 2004. Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 62:472-475.

Bhandari, S.R., M.C. Cho and J.G. Lee. 2016. Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 57(5):440-452.

Bergougnoux V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.

Bonilla-Barrientos, O., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Cruz-Izquierdo, S., Reyes-López, D., Hernández-Leal, E., and Hernández-Bautista, A. 2014. Agronomic and morphological diversity of local kidney and bell pepper-shaped tomatoes from Puebla and Oaxaca,

México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(2): 129-139. Recuperado en 15 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000200004&lng=es&tlng=en.

Carrillo-Rodríguez, J. C., J. L. Chávez Servia, and I. A. Pacheco-Triste. 2009. Diversidad fenotípica de tomate en Oaxaca, México. In: VII Simposio de Recursos genéticos para América Latina y el Caribe, 28-30 de octubre de 2009, Pucón, Chile, Vol. 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Pucón, Chile. pp: 222-223.

Carrillo-Rodríguez, J. C. y Chávez-Servia, J. L. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):1-6.

Cruz C. E., Sandoval V. M. Volke H. V. H., Can C. Á., & Sánchez E. J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7): 1361-1373. Recuperado en 25 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700006&lng=es&tlng=es.

Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. En: Nuez F (ed.). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. D.F. 796 p.

Foolad, M. R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* 52 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2007/64358>.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D.F. 222 p.

- González M. A., & Hernández L. B. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. *Terra Latinoamericana*, 18 (1): 45-50.
- Ho, L. C.; Hewitt, J. D. 1986. Fruit Development.. In: *The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement*. Atherton, J. G.; Rudich, J. (eds.). Chapman and Hall. New York, USA. pp. 201–239.
- Jones J. B; Jones, J. P; Stall, R. E; Zitter, T. A. 2000. *Plagas y enfermedades del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 2–3.
- Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Sandoval-Villa, Manuel, R. V., Porfirio, R., David, Wm., Cisneros-Zevallos, L., & King, S. 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(2), 207-216. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.02.013>
- Maldonado, R., P. Ramírez, V. González, M. Sandoval, M. Livera, N. Cruz. 2016. Riqueza agronómica en colectas Mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L) nativos. *Agroproductividad*, 9 (12): 68-75.
- Márquez, C. y P. Cano. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. En: E. Olivares S. (ed.). *Segundo simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernaderos*. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey N. L. México. 285 p.
- Moreno, A., M. T. Valdés y T. Zarate. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65: 26-34.

- Peralta I. E. and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crop, Vol. 2: Tomato. M. K. Razdan, A. K. Razdan and A. K. Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield. New Hampshire, USA. pp:1-24.
- Raviv, M., Y. Oka, J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky y H. Ziadna. 2005. High nitrogen compost as a médium for organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328-335.
- Ríos-Osorio O., Chávez-Servia J.L., Carrillo-Rodríguez J.C. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 11: 35-51.
- Rick C. M. 1986. Germplasm resources in the wild tomato species. Acta Horticulturae 190:39-48.
- Rodríguez D. N., Cano R. P., Figueroa V. U., Favela C. E., Moreno R. A., Márquez. H. C., Ochoa M. E. & Preciado R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana, 27(4), 319-327. Recuperado en 14 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400006&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, F. Favela-Chávez, V. de P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández, A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humos de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 31: 265-272.

- Rodríguez M., N., G. Alcántara G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. and J. A. Santizo R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante medidor portátil de clorofila. *Terra* 16: 135-141.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. 29 April - 5 May. International Society for Soilless Culture, ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Statistical Analysis System Institute INC. (SAS) 2003. SAS/STAT™ User's guide, Release 9.1 Edition. Cary, NC. USA. 409 p.
- Tanksley, S.D., 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *The plant cell*, 16(1):181-189.

IV. CALIDAD DE SEMILLA DE POBLACIONES DE JITOMATE NATIVO

(Solanun lycopersicum L.) CULTIVADOS EN HIDROPONIA

4.1. Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad física y fisiológica de 16 genotipos de jitomate criollo obtenidas mediante diferentes niveles de solución nutritiva, se determinó mediante el contenido de humedad, peso de mil semillas, peso hectolitro (calidad física); porcentaje de germinación, y viabilidad (calidad fisiológica). El experimento se realizó en el laboratorio de semillas del Colegio de Posgraduados del Campus Montecillos. El diseño fue de bloque completo al azar con tres repeticiones para la calidad física, y cuatro repeticiones para la calidad fisiológica. En el análisis de varianza, para genotipos, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para todos los caracteres de calidad física y fisiológica, mientras que en los tratamientos, solo el porcentaje de germinación no presentó diferencias significativas. La mejor calidad física se obtuvo al aplicar el primer tratamiento (520 ml de SN) en la etapa vegetativa de los genotipos, ya que se obtuvo resultados de contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico (8.55 %, 2,97 g y 24.47 Kg hL⁻¹), mientras que en la calidad fisiológica no se vio muy reflejado el efecto de los tratamientos, pero se observaron resultados de germinación (93.06%), semillas viables (96.81%) y semillas no viables (3.18%) aceptables.

Palabras clave: calidad física, calidad fisiológica, germinación y viabilidad.

4.2. Abstract

The objective of the present work was to determine the physical and physiological quality of 16 genotypes of Creole tomato obtained through different levels of nutritive solution, it was

determined by moisture content, weight of one thousand seeds, hectolitre weight (physical quality); percentage of germination, and viability (physiological quality). The experiment was carried out in the seeds laboratory of the postgraduate school of the Montecillos campus. The design was randomized complete block with three repetitions for physical quality, and four repetitions for physiological quality. In the analysis of variance, for genotypes, highly significant differences were found ($p \leq 0.01$) for all the characters of physical and physiological quality, while in the treatments, only the percentage of germination did not present significant differences. The best physical quality was obtained by applying the first treatment (520 ml of SN) in the vegetative stage of the genotypes, since results of moisture content, weight of one thousand seeds and volumetric weight were obtained (8.55%, 2.97g and 24.47 Kg hL⁻¹), while the effect of the treatments was not reflected in the physiological quality, but germination results (93.06%), viable seeds (96.81%) and non-viable seeds (3.18%) were observed.

Key words: physical quality, physiological quality, germination and viability.

4.3. Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las hortalizas más comercializadas y consumidas a nivel mundial, la superficie cosechada en el 2016 fue de 5, 786,746 ha, destacando China, India y Nigeria con una producción de 233, 466,175 millones de t, aunque los rendimientos mayores se reporta en China, India y Estados Unidos (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT, 2016). México ocupa una superficie de 51,861 ha sembradas, ocupando un promedio anual de 4.8% (2006-2016), con un promedio de 3.3 millones de t (SIAP, 2016), siendo una de las hortalizas más importantes debido al valor de su producción y la fuerte demanda de mano de obra que genera; Para cubrir esta demanda, se

necesita alrededor de 7.6 t de semilla de jitomate de diferentes categorías, los híbridos presentan el costo más elevado debido a la obtención de su semilla, los cuales son producidos y distribuidos por las empresas transnacionales (Tornero, 1998). En México, no existen variedades específicas para el país, lo cual se recurren a cultivares extranjeros con un alto precio de la semilla, por lo cual, se necesita desarrollar nuevas variedades nacionales para su explotación y abrir un mercado en la producción de semilla. Para que un cultivo sea rentable, se necesita utilizar semilla de calidad, ya que existe mayor probabilidad de germinación. Por otro lado, las semillas de calidad no se ven afectadas por el almacenamiento ya que cuentan con una mayor viabilidad (Pittcock, 2008). La calidad de la semilla está determinada por aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos (Besnier, 1989; Copeland y McDonald, 1995). Las semillas de buena calidad física, deben reunir ciertos factores de acuerdo a la especie. Los factores que se relacionan con la calidad física son: contenido de humedad, peso hectolitro, pureza, tamaño de la semilla, color, peso de mil semillas y daño por insectos e hongos (Moreno, 1996). Por otro lado, la calidad fisiológica está determinada por los procesos fisiológicos y la integridad de la semilla y los principales indicadores para determinarla son: vigor, % de germinación y viabilidad (Perry, 1972; Moreno *et al.*, 1988).

Los programas de mejoramiento genético tienen como objetivo encontrar características sobresalientes, como por ejemplo rendimiento o calidad de fruto, sin considerar como criterio de selección a caracteres relacionados con calidad de semillas (Carballo, 1990). En muchas especies nativas existen déficits sobre el conocimiento y aplicación de las características específicas de las semillas, conocer la calidad de la semilla garantiza una producción eficiente de plántulas vigorosas, sanas y resistentes, por otro lado, Bradford (2004), menciona que la escasa germinación de semillas se debe a los bajos niveles de nutrientes; Acorde con los antecedentes, se

plantea el siguiente objetivo conocer la calidad de la semilla de 16 genotipos de jitomate criollo cultivado en hidroponía.

4.4. Materiales y métodos

Para realizar estudios de calidad física y fisiológica con semillas de jitomate y obtener suficiente semilla, fue importante establecer el experimento en la Unidad experimental Campus Tuxpan, Guerrero, ubicada en las siguientes coordenadas 18°25'16'' N y 99°35'40'' O; altitud de 731 m, clima cálido subhúmedo con temperatura media anual de 35°C (García, 1981). Durante el año se preparó sustrato denominado composta, la cual consiste en una mezcla de estiércol bovino y hojarasca de tamarindo descompuesto en relación 3:1. Se depositaron tres semillas de jitomate en cada vaso de unicel con capacidad de un litro el 1 de junio de 2017, mismas que se colocaron bajo condiciones de un bioespacio de 200 m² cubierta con malla sombra. Dentro del bioespacio se registraron las temperaturas mínimas (18.1 °C), máximas (38 °C) y con humedades relativas máximas y mínimas de 95.2 y 32.2 %, las cuales fueron registradas por con un data logger marca HOBO. Las bolsas de polietileno de color negro (30 x 30) se rellenaron con sustrato y ya que estaban listas, se llevó a cabo el trasplante y se acomodaron bajo un diseño de bloques completo al azar con cinco repeticiones. Los medios hidropónicos se aplicaron en volúmenes de solución nutritiva y fueron los siguientes: 520, 420, 320, 220 ml (Steiner, 1984). Para realizar estudios de calidad física y fisiológica obtener la semilla necesaria El agua presentó las siguientes características: conductividad eléctrica de 1.5 dS m⁻¹, pH de 5.8 (medio salino) y como testigo (agua potable con pH = 8). Para el riego se utilizó el medio hidropónico preparado y se aplicó tres veces a la semana las cantidades anteriormente mencionados. En la etapa fenológica del cultivo de jitomate se realizaron diversas actividades culturales (siembra, trasplante, riego tutorado, deschupado, eliminación de hojas senescentes).

Para el corte del fruto maduro se esperó hasta que presentara una tonalidad de color roja. Posteriormente se cortaron por mitad los frutos para extraer las semillas y a su vez se depositaron en un vaso y se dejó reposar durante 36 horas para que el mucilago adherida a la semilla se fermentara y despegara con mayor facilidad al momento de lavarse. La semilla se secó bajo sombra en papel bond durante 24 horas, después de haber transcurrido tiempo se recogió la semilla y se depositó en bolsas de glacyne encerado y listas para usarse en el laboratorio de análisis de semillas.

Para esta investigación se utilizaron 16 lotes de semillas de genotipos nativos de jitomate recién cosechadas y de hábito indeterminado, correspondientes a ocho de Oaxaca, cuatro de Puebla, dos de Yucatán y dos de Guerrero (Cuadro 8).

Cuadro 8. Relación de genotipos nativos de jitomate utilizados.

Genotipo	Identificación	Procedencia	Tipo
1	P13TEHPB-2	Puebla	Bola
2	P21ZINPB-3	Puebla	Arriñonado
3	P23ZINPB-4	Puebla	Arriñonado
4	P25ZINPB	Puebla	Arriñonado
5	P47THDAX-7	Oaxaca	Arriñonado
6	P48THDAX-8	Oaxaca	Calabaza
7	P50THDAX-10	Oaxaca	Arriñonado
8	P51MXDAX-11	Oaxaca	Bola
9	P61MXDAX-12	Oaxaca	Pimiento
10	P65VCDAX-13	Oaxaca	Arriñonado

11	P7OVCDAX-16 ^a	Oaxaca	Arriñonado
12	P77VCDAX-21	Oaxaca	Arriñonado
13	P8IMEYUC-22	Yucatán	Calabaza
14	P90MEYUC-23	Yucatán	Bola pequeño
15	P37CH1GRO	Guerrero	Arriñonado
16	PI08J3LE	Guerrero	Cherry

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis de semillas del programa de producción de semillas del Programa de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

4.4.1. Variables evaluadas

Contenido de humedad (CH, %). Se determinó mediante el método de la estufa, donde se utilizaron tres repeticiones de 2 g de semilla. Para el secado de las muestras, se sometieron a una temperatura de 130°C durante 24 minutos en una estufa marca Felisa® Modelo 293 A (ISTA, 2009). Para calcular el contenido de humedad se realizó con la siguiente fórmula:

$$M2 - M3 \times \frac{100}{(M2 - M1)} = \% \text{ de humedad}$$

En donde:

M1= Peso g de la caja y su tapa.

M2 = Peso g de la caja, tapa y semilla antes del secado.

M3= Peso g de la caja, tapa y semilla después del secado en la estufa.

Peso de 1000 semillas (PS, g). Se pesó en g 100 semillas en ocho repeticiones con una balanza de precisión marca OHAUS modelo Adventure, para obtener el peso correspondiente se utilizó la siguiente fórmula $P1000S: X \times 10$ (ISTA, 2009).

Peso Volumétrico (PV, Kg/hL⁻¹). Se pesó 2 g de semillas en tres repeticiones y posteriormente se midió el volumen con una probeta graduada con capacidad de 10 ml. Con el resultado obtenido se realizó la conversión a kg HI (ISTA, 2009).

Prueba de germinación estándar (PG). Se utilizó el método “entre papel” (ISTA, 2009), donde se emplearon cuatro repeticiones de 25 semillas previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 %, posteriormente fueron colocadas en cuatro toallas previamente humedecidas con agua destilada. Se formaron cuatro rollos y fueron colocados en forma vertical en una bolsa de plástico, después se colocaron en un cuarto de germinación a 25 ± 1 °C, durante 14 días. Los caracteres evaluados fueron: Porcentaje de germinación (PG, %), (SSG) y Velocidad de germinación (VG, radículas d⁻¹).

Prueba topográfica por tetrazolio. Se utilizó una solución al 0.01% de la sal de 2, 3, 5, cloruro trifenil tetrazolio. Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas donde previamente se sumergieron en agua destilada durante 24 horas para iniciar la imbibición de las semillas. Posteriormente se tuvo que escurrir el agua destilada y agregar la solución de sal de tetrazolio y dejar reposar durante 24 horas, después se enjuagaron las semillas con agua corriente y se realizaron observaciones en cada semilla mediante el apoyo de un microscopio marca Swift. Se determinó la viabilidad de las semillas con base de las siguientes variables: semillas viables y semillas no viables.

4.4.2. Análisis estadístico

Se aplicó la transformación de la raíz cuadrada de arco seno para aquellas variables que se representaron en porcentajes. Las comparaciones de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), para el análisis estadístico de datos se utilizó el paquete *Statistical Analysis System* (SAS) versión 9.4.

4.5. Resultados y discusión

En la fuente de variación genotipos (Gen), se observaron diferencias altamente significativas en las variables de calidad, mientras que la fuente de variación tratamientos (Trat), las variables de la calidad física como el peso de 1000 semillas (PMS) y peso volumétrico (PV) presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), mientras que la variable contenido de humedad (CH) mostró significancia estadística ($p \leq 0.05$). Por otro lado, la interacción genotipos por tratamientos (Gen*Trat) se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables correspondientes a la calidad física y fisiológica.

Los coeficientes de variación fueron menores a 10% lo cual indica confiabilidad de los resultados presentados (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza de seis pruebas de calidad de semilla en 16 genotipos de jitomate nativo. Periodo junio – octubre 2017.

FV	GL	CH	PMS	PV	GER	SV	SNV
Calidad física				Calidad fisiológica			
Gen	15	3.26**	1.40**	94.98**	6.12**	14.23**	14.23**
Trat	5	1.80*	0.12**	5.80**	14.41	6.12**	6.10**

Gen*Trat	75	1.66**	0.17**	6.67**	2.46**	2.45**	1.14**
C.V (%)		9.96	2.23	4.30	4.23	4.23	2.36
R ²		0.58	0.97	0.90	0.59	0.59	

FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; Gen: Genotipos; Trat: Tratamientos; Gen*Trat: Interacción genotipo por tratamientos; C.V. (%): Coeficiente de variación; R²: R-cuadrado, *, **: significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; CH: Contenido de humedad; PMS: Peso de mil semillas; PV: Peso volumétrico; GER: Germinación; SV: Semillas viables; SNV: Semillas no viables.

En el Cuadro 10 de comparación de medias, para los caracteres de calidad física, se encontró que el genotipo P77VCOAX-21 (G12) exhibió mayor porcentaje (9.22%) en contenido de humedad (CH), aunque estadísticamente no superó a los genotipos P13TEHPB-2 (G1), P21ZINPB-3 (G2), P23ZINPB-4 (G3), P25ZINPB (G4), P47THDAX-7 (G5), P50THDAX-10 (G7), P51MXDAX-11 (G8), P65VCDAX-13 (G10) y P8IMEYUC-22 (13) los cuales sus promedios oscilaron de 8.05 y 8.97%. De acuerdo a la FAO (2011), el contenido de humedad recomendado en semillas de jitomate es de 8%, lo cual concuerda con estos genotipos. Por otro lado, los genotipos que presentaron menor porcentaje en CH fueron: el P48THDAX-8 (G6), P37CH1GRO (G15), P70VCOAX-16a (G11), P48THDAX-8 (G8), PI08J3LE (16) y P90MEYUC-23 (G14), con promedios de 7.63, 7.75, 7.77, 7.88, 7.94 y 7.97%. Estos porcentajes fueron considerados bajos, por lo tanto no influyeron en el desempeño de las otras variables evaluadas. Por otro lado, Martínez *et al.* (2010) evaluaron la respuesta fisiológica en semillas de jitomate var. Unapal-Maravilla, quienes determinaron un CH inicial de 9.9%, siendo este resultado similar al genotipo 12 (9.22%) de esta investigación; Mientras que Delgado-Vargas *et al.* (2018) encontraron promedios de $7.3 \pm 0.3\%$ de CH de las semillas, quienes evaluaron la

calidad de semillas de tres variedades nativas de jitomate producidas bajo temperaturitas altas; muy por debajo a los promedios encontrados en esta investigación (8.1%).

Por otra parte, la variable, el peso de mil semillas (PMS), estadísticamente difirió entre los genotipos, donde la semilla más pesada fue observado en el genotipo P13TEHPB-2 (G1), con un peso de 3.23 g; este resultado superó a la variedad Moneymaker (3.12 g) evaluada por Delgado-Vargas *et al* (2018), dichos autores determinaron la calidad de las semillas de tres variedades nativas y una comercial de tomate; cabe mencionar que esta variedad (Moneymaker) es considerada como referencia mundial en estudios de tomate (Biais *et al.*, 2014). Mientras que los genotipos P37CH1GRO (G15) y PI08J3LE (G16) sus semillas fueron de menor peso (21.32 y 21.71 g). Para el peso volumétrico (PV), el genotipo P61MXOAX-12 (G9) exhibió mayor peso promedio (28.19 kg hL⁻¹) y superó estadísticamente al resto de los genotipos.

La calidad fisiológica de las semillas de los genotipos y los que mostraron mayor porcentaje de germinación fueron los siguientes: P37CH1GRO (G15), PI08J3LE (G16), P8IMEYUC-22 (G13), P50THDAX-10 (G7), P70VCOAX-16^a (G11) y P25ZINPB (G4), donde los porcentajes promedio de germinación fueron de: 98.16, 98.16, 97.00, 97.00, 94.33 y 93.83, estos resultados explican que los genotipos se pueden considerar como buenos productores de semillas de calidad fisiológica; Aunque estadísticamente no superaron a los genotipos P90MEYUC-23 (G14), P13TEHPB-2 (G1), P23ZINPB-4 (G3), P47THDAX-7 (G5), P21ZINPB-3 (G2), P48THDAX-8 (G6), P51MXOAX-11 (G8) y P77VCOAX-21 (G12). Por otra parte, el porcentaje más bajo (80.33%) fue observado en el genotipo P61MXOAX-12 (G9). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Delgado-Vargas *et al* (2018), quienes al evaluar la calidad de la semilla de tres variedades nativas de jitomate producidas bajo temperaturas altas (38 °C y 34 °C), obtuvieron porcentajes de germinación de 97.5 a 89 %.

En la prueba de viabilidad con tetrazolio, los genotipos que presentaron un mayor porcentaje de semillas viables fueron los genotipos P8IMEYUC-22 (G13), PI08J3LE (G16), P37CH1GRO (15), P23ZINPB-4 (G3), P51MXDAX-11 (G8), P7OVCDAX-16^a (G11) y P50THDAX-10 (G7), con valores que oscilaron entre 99 a 96 %, mismos genotipos presentaron menor porcentaje de semillas no viables con porcentajes de 4 a 1 %. Por otra parte, el genotipo P21ZINPB-3 (G2) fue el que presento menor porcentaje (86.83%) de semillas viables, adicionalmente, el mismo genotipo presento mayor número de semillas no viables (13.16%). Martínez *et al.* (2010) evaluaron la viabilidad de semillas de jitomate var. Unapal-Maravilla (cosechadas en 2005) y reportaron 80% de viabilidad, este resultado es inferior del 6.83% con lo observado en la presenta investigación; esto pudo deberse al tiempo de almacenamiento de sus semillas.

Cuadro 10. Comparacion de medias de seis caracteres de calidad de la semilla en 16 genotipos de jitomate nativo.

Genotipo	Calidad física			Calidad fisiológica		
	CH (%)	PMS (g)	PV (kg hL ⁻¹)	GER (%)	SV (%)	SNV (%)
P13TEHPB-2	8.27abc	3.23a	21.77g	92.33ab	89.50bc	10.50ab
P21ZINPB-3	8.19bc	3.04d	23.85f	88.83ab	86.83c	13.16a
P23ZINPB-4	8.08ab	3.13c	26.31bc	90.16ab	97.50a	2.50c
P25ZINPB	8.41abc	3.15bc	25.05def	93.83a	96.00a	4.00c
P47THDAX-7	8.05bc	3.13c	25.73cde	89.50ab	95.00ab	5.00bc
P48THDAX-8	7.63c	2.92ef	21.72g	88.66ab	95.33ab	6.66bc
P50THDAX-10	8.41abc	2.43k	24.67ef	97.00a	96.00a	4.00c

P51MXDAX-11	7.88c	3.21ab	26.07cd	88.16ab	96.50a	4.00c
P61MXDAX-12	8.08bc	2.79gh	28.19a	80.33b	94.66ab	5.33bc
P65VCDAX-13	8.36abc	2.98de	24.94def	86.00ab	94.83ab	5.16bc
P70VCDAX-16 ^a	7.77c	2.73hi	25.06def	94.33a	96.50a	3.55c
P77VCDAX-21	9.22 ^a	2.63j	25.11cde	66.50ab	95.66ab	4.33bc
P8IMEYUC-22	8.97ab	2.67ij	20.57g	97.00a	99.00a	1.00c
P90MEYUC-23	7.97c	3.13c	27.42ab	92.50ab	95.00ab	5.00bc
P37CH1GRO	7.75c	2.32l	21.32g	98.16a	98.00a	2.00c
PI08J3LE	7.94c	2.86fg	21.71g	98.16a	98.16a	1.83c
DSH (Tukey= $p \leq 0.05$)	0.94	0.07	1.2	12.69	6.42	6.42
Media=	8.1	2.89	24.34	90.09	95.27	4.87

CH: Contenido de humedad; PS: Peso de mil semillas; PV: Peso volumétrico; GER: Germinación; SV: Semillas viables; SNV: Semillas no viables; DSH: diferencia mínima significativa honesta. Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey = $p \leq 0.05$).

Los resultados observados en el Cuadro 11, muestran que para los caracteres de la calidad física, el tratamiento uno (520 mL de SN) afectó significativamente a la variable contenido de humedad (CH), ya que con la utilización de este medio hidropónico, las semillas presentaron mayor promedio de contenido de humedad (8.55 %), mientras que con la utilización de los tratamientos cuatro (220 mL de SN) y cinco (520 mL de agua con pH de 5.8), el contenido de humedad (8.05 y 8.03 %) fue menor. En cuanto a la variable peso de 1000 semillas, el tratamiento uno (520 mL de SN) fue el que presentó un mayor peso (2.97 g) en las semillas, esto pudo deberse al contenido de nutrientes y a los mililitros (520 mL) que se aplicó a los genotipos; mientras que los

tratamientos tres (320 mL de SN), cuatro (220 mL de S/N) y cinco (520 mL de agua con un pH de 5.8) presentaron los pesos más bajos (2.85, 2.84, 2.87 g). Con la utilización del tratamiento dos (420 mL de SN) y cinco (520 mL de agua con un pH de 5.8) se obtuvo un mayor peso volumétrico (24.73 y 24.74 Kg hL⁻¹), no obstante estos tratamientos no superaron estadísticamente a los tratamiento uno (520 mL de SN) y tres (24.47 y 24.12 Kg hL⁻¹), donde se apreció menor peso volumétrico, fue en la utilización de los tratamiento cuatro (220 mL de SN) y seis (520 mL de agua con un pH de 8) (24.02 y 23.98 Kg hL⁻¹). Dado a que los resultados que dieron los tratamientos no fueron homogéneos, y donde mayor se expresa una mayor calidad fisiológica de las semillas, fue con la utilización del tratamiento uno (520 mL de SN).

Para los caracteres de la calidad fisiológica, los tratamiento no afectaron al porcentaje de germinación, ya que oscilo entre 89.93 a 93.06%. Por otra parte, el tratamiento donde se obtuvo mayor número de semillas viables fue el cinco (520 mL de agua con un pH de 5.8) (96.81%), este mismo tratamiento presento un menor número de semillas no viables (3.18%), mientras que el tratamiento tres (320 mL de SN) fue donde hubo menor número de semillas viables (93.43%).

Cuadro 11. Comparación de medias de seis variables de calidad de semilla de jitomate nativo, evaluadas por el efecto de seis tratamientos.

Tratamientos	Calidad física			Calidad fisiológica		
	CH	PMS	PV	GER	SV	SNV
	(%)	(g)	(Kg hL ⁻¹)	(%)	(%)	(%)
1 (520 mL de SN)	8.55a	2.97a	24.47ab	89.93a	96.37ab	3.62ab
2 (420 mL de SN)	8.25ab	2.93b	24.73a	92.12a	94.93ab	5.06ab
3 (320 mL de SN)	8.17ab	2.85c	24.12ab	90.62a	93.43b	6.56a

4 (220 mL de SN)	8.05b	2.84c	24.02b	90.81a	94.56ab	5.43ab
5 (520 mL de agua con pH de 5.8)	8.03b	2.87c	24.74a	93.06a	96.81a	3.18b
6 (520 mL de agua con pH de 8)	8.07ab	2.92b	23.98b	91.50a	95.56ab	4.43ab
DSH 0.05	0.47	0.03	0.61	6.41	3.24	3.24
Media=	8.19	2.90	24.34	91.34	95.28	4.71

CH: Contenido de humedad; PMS: Peso de mil semillas; PV: Peso volumétrico; GER: Germinación; SV: Semillas viables; SNV: Semillas no viables. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey = $p \leq 0.05$).

4.6. Conclusiones

Los genotipos de jitomate nativo, presentaron características variadas en relación a la calidad física y fisiológica de las semillas, lo cual cumplen con buenas características para utilizarlos para un programa de mejoramiento genético. Por otro lado, los tratamientos utilizados para producir la semilla de dichos genotipos se vio reflejada en la determinación de la calidad de la semilla. El tratamiento uno (520 ml de SN) alcanzo una mayor calidad física y fisiológica. No obstante, aquellos tratamientos donde no se utilizó SN (5 y 6), los genotipos obtuvieron una buena calidad fisiológica.

4.7. Bibliografía

Besnier, R. F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

637 p.

Biais, B., Bénar, C., Beauvoit, B., Colombié, S., Prodhomme, D., Ménar, G., Bernillo, S., Gehel,

B., Gautier, H., Ballias, P., Mazart, J. P., Sweetlove, L., Genard, M., & Gobon, Y. 2014.

Remarkable reproducibility of enzyme activity profiles in tomato fruits grown under

contrasting environments provides a roadmap for studies of fruit metabolism. *Plant Physiology*, 164(3): 1204-1221. doi 10.1104/pp.1204-1221

Bradford, K. J. 2004. Seed production and quality. 1st. edition. Department of vegetable crop and weed science. University of California. Davis, USA. 134 p.

Delgado-Vargas, V. A., Magdaleno-Villar, J.A., Ayala-Garay, O. J. & Garfias-Sánchez, D. 2018. Seed quality of three native tomato varieties and a commercial one produced under high temperatures. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(3):215-227.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT), 2016. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

FAO. 2011. Semillas en emergencia. Manual técnico. Documento 202 de la FAO sobre producción y protección vegetal, Roma, Italia.

International Seed Testing Association (ISTA), 2009. International Rules For Seed Testing. Published by The International Seed Testing Association. P. O. BOX 308, 8303. Bassersdorf, CH-Switzerland. 243 p.

Martínez, M., & Cardozo Conde, C., & Sánchez Orozco, M. 2010. Respuesta fisiológica de semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal - Maravilla y pimentón *Capsicum annuum* L.) var Unapal-Serrano en crioconservación. *Acta Agronómica*, 59 (4), 402-410.

- Moreno, M. E.; Vásquez, E. M.; Rivera, A.; Navarrete, R. and Esquivel, F. 1988. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Sci. Technol.* 26: 439-448.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera Ed. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 393 p.
- Perry, D. A. 1972. Seed vigour and field establishment. *Horticultural Abstracts.* 42:334-342.
- Pittcock J. K. 2008. Seed production, processing and analysis. *In: Plant Propagation.* C A Beyl, R N Trigiano (ed.). CRC Press Taylor & Francis Group. U.S.A. pp:401-406.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *Proceedings of the 3th International Congress on Soilless Culture.* IWOSC. Sassari, Italy. pp. 43-53.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016. Consultado 01-05-2019 en <https://www.gob.mx/siap/articulos/jitomate-3-3-millones-de-toneladas-en-2016>
- Tornero C.M.A. 1998. Efecto de la nutrición en la producción de fruto y calidad de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en fertirrigación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 128 p.

V. VIGOR DE LAS SEMILLAS DE JITOMATE CRIOLLO (*Solanum lycopersicum* L.)

5.1. Resumen

Las semillas permanecen viables y vigorosas durante un determinado tiempo, esto está determinado por factores como; el genotipo, las condiciones ambientales y el método de almacenamiento; lo cual es decisivo para la duración de la vida de las semillas. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación, fue evaluar las diferentes alteraciones producidas por el deterioro en genotipos de jitomate nativos (*Solanum lycopersicum* L.), mediante la prueba de vigor utilizando el método del envejecimiento acelerado (EA). Para obtener la semilla, se realizó un experimento previo donde se cultivaron 16 genotipos de jitomates nativos cultivados en hidroponía en Tuxpan, Guerrero. México. De los cuales posteriormente se extrajeron las semillas para determinar el vigor de las semillas, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, se realizaron dos pruebas de germinación estándar, donde una, las semillas fueron sometidas a estrés a una temperatura de 41 °C más una humedad relativa del 100% durante 72 horas, las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, semillas sin germinar, velocidad de emergencia, longitud de plántula, longitud de raíz, peso seco de la plántula y peso seco de la raíz. Los resultados muestran que algunos genotipos superaron el 90% de germinación y una velocidad de emergencia de tres días. Los resultados de la prueba del envejecimiento acelerado muestran que las variables longitud de plántula, peso seco de plántula y velocidad de emergencia fueron afectadas por el estrés al que fueron sometidas las semillas.

Palabras clave: germinación, jitomates nativos, envejecimiento acelerado.

5.2. Abstract

The seeds remain viable and vigorous for a certain time, this is determined by factors such as; the genotype, environmental conditions and storage method; which is decisive for the duration of the life of the seeds. Therefore, the objective of this research was to evaluate the different alterations produced by the deterioration in native tomato genotypes (*Solanum lycopersicum* L.), by means of the vigor test using the accelerated aging method (EA). To obtain the seed, a previous experiment was carried out where 16 genotypes of native tomatoes cultivated in hydroponics were cultivated in Tuxpan, Guerrero. Mexico. From which the seeds were later extracted to determine the vigor of the seeds, a randomized complete block design with four repetitions was used, two standard germination tests were carried out, where one, the seeds were subjected to stress at a temperature of 41 ° C plus a relative humidity of 100% during 72 hours, the evaluated variables were: percentage of germination, seeds without germinating, speed of emergence, length of seedling, length of root, dry weight of the seedling and dry weight of the root . The results show that some genotypes exceeded 90% germination and an emergency speed of three days. The results of the accelerated aging test show that the variables of seedling length, seedling dry weight and emergence speed were affected by the stress to which the seeds were subjected.

Key words: germination, native tomatoes, accelerated aging.

5.3. Introducción

El cultivo del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las especies más comercializadas, por lo tanto debe de cumplir con las exigencias de los consumidores. El uso de semillas de

calidad ofrecerá una mayor probabilidad de obtención de plántulas sanas. Esta calidad esta atribuida por caracteres: genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos, estos últimos se evalúan mediante la viabilidad, porcentaje de germinación y vigor (Pittcock, 2008). Para la producción de semillas, el parámetro más importante es el porcentaje de germinación, que por lo general se realiza en laboratorio; esto implica una certificación y comercialización del lote. Las pruebas de germinación, se realizan en condiciones controladas de temperatura y humedad, lo cual implica que los resultados obtenidos no coincidan con los establecidos en campo, por esta razón se implementó paralelamente la prueba de germinación y las pruebas de vigor como veredictos integrales sobre la calidad fisiológica de semillas (Martínez *et al*, 2010).

El término de vigor, puede definirse como un conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas; Aquellas semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de vigor alto, (ISTA, 1995). Ferguson (1995) menciona que el vigor de las semillas se basa por medio del comportamiento físico y fisiológico de un determinado lote de semillas, los cuales incluyen, cambios en los procesos bioquímicos, uniformidad en la germinación y crecimiento de plántulas, y por último, una buena germinación de las semillas a exponerse a condiciones de estrés. La calidad disminuye con el transcurso del tiempo y su tasa de deterioro aumenta lo cual provoca una reducción en la germinación seguido de una producción de plántulas anormales y finalmente la muerte de las semillas.

Una de las especies más susceptibles a los niveles de estrés es el jitomate, ya que puede afectar los el desarrollo de la planta, su producción y calidad, tanto en frutos como en semillas, lo cual implicaría pérdidas (Schwarz, *et al*, 2014). El uso de semillas de variedades nativas de jitomate que sus características fisiológicas no se vean afectadas por el estrés a los cambios ambientales,

permite una buena producción, ya que con la utilización de estas semillas incrementaría la emergencia de plántulas dando un mayor rendimiento. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el vigor de semillas de 16 genotipos nativos de jitomate por el efecto del método de envejecimiento acelerado, provenientes de frutos producidos bajo condiciones de hidroponía.

5.4. Materiales y métodos

Para determinar el vigor y obtener suficiente semilla, se estableció un experimento previo bajo condiciones de bioespacio, la cual se encuentra ubicado en la unidad experimental Campus Tuxpan, Guerrero, en las siguientes coordenadas 18°25'16'' N y 99°35'40'' O; con una altitud de 731 m, clima cálido subhúmedo con temperatura máxima media anual de 33.3 °C. Durante seis meses se preparó el sustrato llamado composta, la cual consiste en una mezcla de estiércol bovino y hojarasca de tamarindo descompuesto en relación de 3:1. En la base se le hicieron cuatro orificios a los vasos de unicel con capacidad de 1 L, mismas que se rellenaron con sustrato y se remojaron con agua, hasta llegar a capacidad de campo. En cada vaso se depositó tres semillas de jitomate el día 3 de junio de 2018, hasta concluir con los 16 genotipos y rellenar 480 vasos. Los 16 genotipos de jitomate criollo sembrados en los vasos, se colocaron bajo condiciones de un Bioespacio de 200m², cubierta con malla sombra. Con un data logger (HOBO®), se registraron las temperaturas mínimas (18.1 °C) y máximas (38.4), y tanto como la humedad relativa máxima y mínima de 95.2 y 32.2%. Además se utilizaron bolsas de poliestireno de color negro (30 x 30), mismas que se rellenaron con sustrato y ya que estaban listas, se llevó a cabo el trasplante y se acomodaron bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Adicionalmente se realizó el análisis químico del agua y presentó las siguientes características: conductividad eléctrica de 1.5 dS m⁻¹, pH de 5.8 (medio salino) y como testigo (agua potable con pH = 8.0).

Para el riego se utilizó el medio hidropónico preparado y se aplicó tres veces a la semana las cantidades en volúmenes de solución nutritiva fueron: 520, 420, 320, 220 mL, con un potencial osmótico de -0.054 megapascales (Steiner, 1984). En la etapa fenológica del cultivo de jitomate se realizaron diversas actividades culturales (siembra, trasplante, riego tutorado, deschupado, eliminación de hojas senescentes, entre otras).

Cuadro 12. Relación de genotipos nativos de jitomate utilizados.

Genotipo	Identificación	Procedencia	Tipo
G1	P13TEHPB-2	Puebla	Bola
G2	P21ZINPB-3	Puebla	Arriñonado
G3	P23ZINPB-4	Puebla	Arriñonado
G4	P25ZINPB	Puebla	Arriñonado
G5	P47THDAX-7	Oaxaca	Arriñonado
G6	P48THDAX-8	Oaxaca	Calabaza
G7	P50THDAX-10	Oaxaca	Arriñonado
G8	P51MXDAX-11	Oaxaca	Bola
G9	P61MXDAX-12	Oaxaca	Pimiento
G10	P65VCDAX-13	Oaxaca	Arriñonado
G11	P70VCDAX-16 ^a	Oaxaca	
G12	P77VCDAX-21	Oaxaca	Arriñonado
G13	P81MEYUC-22	Yucatán	Calabaza
G14	P90MEYUC-23	Yucatán	Bola pequeño
G15	P37CH1GRO	Guerrero	Arriñonado

G16	PI08J3LE	Guerrero	Cherry
-----	----------	----------	--------

Para el corte del fruto se esperó hasta que presentara una tonalidad de 75 % de color verde y un 25 % de color rojo como lo indica Casierra y Aguilar (2008). Posteriormente se almacenaron durante 15 días en bolsas de papel estraza, a temperatura ambiente bajo sombra en el laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal. Se cortaron los frutos por mitad de cada genotipo para facilitar la extracción de las semillas y al mismo tiempo se depositaron en un vaso y se dejó reposar durante 36 horas para que el mucilago adherido a la semilla se fermentara y se despegara con mayor facilidad al momento de lavarse. Las semillas se colocaron en papel bond tamaño oficio de color blanco para su secado durante 24 horas bajo sombra, después de haber transcurrido el tiempo, se recogió la semilla y se depositó en bolsa de glassine encerado para formar un lote de semillas.

En la presente investigación se utilizaron 16 lotes de semillas de jitomate criollo recién cosechadas y de hábito indeterminado, provenientes de los estados de Guerrero, Oaxaca, Puebla y Yucatán (Cuadro12). Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis de semillas del Programa de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, las cuales fueron las siguientes:

5.4.1. Variables de estudio

Prueba de germinación estándar (PGE). Se utilizó el método “sobre papel” (ISTA, 2004), donde se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas por genotipo y tratamiento, empleando el método “sobre papel”, las semillas se colocaron en cajas de plástico tipo “sandwicheras” y puestas en un cuarto de germinación a una temperatura

constante de 25 °C. Previo a la prueba de germinación, las semillas fueron tratadas con hipoclorito de sodio al 5%; y se realizó un solo conteo a los 14 días. Las variables evaluadas fueron:

Porcentaje de germinación (PG). Al final de la prueba se dividió el número total de semillas germinadas (N) entre el número total de semillas (Ns) multiplicado por el total de semillas utilizadas ($PG = N/Ns$)*100.

Semillas sin germinar (SSG). Se contó el número total de semillas sin germinar al finalizar la prueba.

Longitud de plántula (LP). Se tomó una muestra de cinco plántulas al azar en cada repetición y se midió en cm desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja.

Longitud de raíz (LR). Se midió en cm la longitud de la raíz de cinco plántulas al azar, midiendo el cuello de la raíz hasta el ápice de la misma.

Peso seco de la plántula (PSP). Se pesó la parte aérea de todas las plántulas emergidas de las repeticiones, después de ser secadas en una estufa a 70 °C durante 72 h.

Peso seco de la raíz (PSR). Se pesaron las raíces que posteriormente fueron secadas en una estufa a 70 °C durante 72 h.

Índice de velocidad de germinación (IVG). Se cuantifico diariamente el número de semillas germinadas, además se consideró como primer día cuando se observó la primera semilla con la radícula emergida.

Este se calculó aplicando la ecuación propuesta por Maguire (1962).

$$VE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Xi}{Ni} \right)$$

En donde: VE= Velocidad de emergencia, Xi= Número de plántulas emergidas por día, Ni= Número de días después de la siembra.

Prueba de vigor mediante envejecimiento acelerado (PEA). Se utilizó la metodología propuesta por Delouche y Baskin (1973), la cual consistió en mantener las semillas a temperatura de $41 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ y 100 % de humedad relativa durante 72 horas en una estufa marca Felisa® Modelo 293A. Se utilizaron cajas de plástico de 11 cm de largo x 11 cm de ancho x 3.5 cm de alto, a las que se les agregaron 120 ml de agua destilada y por arriba del nivel se colocó una malla de alambre para evitar el contacto directo con el agua. En cada caja se depositaron 100 semillas (cuatro repeticiones de 25 cada una). Después del periodo de envejecimiento acelerado, se realizó una prueba de germinación estándar siguiendo el método previamente descrito.

Los datos se capturaron en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel*2010. Previo al análisis estadístico, los datos de las variables medidas en porcentaje se transformaron con la función de arcoseno $\sqrt{X}/100$. Se realizó el análisis de varianza de los datos bajo el diseño factorial de bloques completos al azar y la comparación de medias, empleando la prueba de tukey ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) versión 9.4 (SAS Institute, 2014).

5.5. Resultados y discusión

5.5.1 Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza, arrojaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación genotipos (GEN) en las siete variables medidas en semillas y plántulas de jitomate. Los resultados indican que existe variación entre el material genético evaluado. Por otra parte, la fuente de variación tratamientos (TRAT), las variables que mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) fueron longitud de plántula (LONP), peso seco de plántula (PSP), peso seco de raíz (PSR), velocidad de emergencia (VE); mientras que la variable semillas sin germinar (SSG) presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), en cambio para la fuente de variación envejecimiento acelerado (EA) se observó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las variables longitud de plántula (LONGP), peso seco de plántula (PSP) e índice de velocidad de emergencia (IVE). Por otro lado, el peso seco de plántula (PSP) y las semillas sin germinar (SSG) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). La longitud de raíz (LONGR), peso seco de raíz (PSR), y porcentaje de germinación (% GER) no mostraron cambios significativos. Para las interacciones genotipo por tratamiento (GEN*TRAT), genotipo por envejecimiento acelerado (GEN*EA) y genotipo por tratamiento por envejecimiento (GEN*TRAT*EA) exhibieron diferencias altamente significativas en las siete variables, mientras que la interacción tratamiento por envejecimiento acelerado (TRAT*EA), la variable longitud de raíz (LONR) mostró diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), en cambio las variables como peso seco de plántula (PSP), porcentaje de germinación (%GER) y semillas sin germinar (SSG) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Por el contrario, las variables longitud de plántula (LDP), peso seco de raíz (PSR) y velocidad de emergencia (VE) no mostraron diferencias significativas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza de siete variables evaluadas en 16 genotipos de jitomate criollo con efecto de seis tratamientos, para determinar el vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado.

FV	GL	LONP	LONR	PSP	PSR	GER	SSG	IVE
Gen	15	17.26**	347.46**	1296.02**	297.58**	159.5**	858.48**	156.31**
Trat	6	0.80*	4.58	129.31**	13.80**	6.2	35.44	4.89**
EA	1	7.59**	3.71	162.32*	3.36	19.3	63.92	18.40**
Gen*Trat	75	0.41**	10.70**	87.76**	17.89**	17.5**	86.50**	6.89**
Gen*EA	15	0.96**	29.37**	101.26**	12.93**	8.7**	38.18*	5.10**
Trat*EA	5	0.13	21.54*	19.01*	6.83	9.1*	54.85*	1.08
Gen*Trat*EA	75	0.28**	8.79**	40.89**	8.29**	6.5**	28.36**	2.92**
Error	576	0.77	4.41	15.46	4.65	2.8	14.30	0.90
CV. (%)		11.86	23.65	14.91	21.82	6.1	44.22	14.16

FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; Gen: Genotipos; Trat: Tratamientos; EA: Envejecimiento acelerado; Gen*Trat: Interacción Genotipo por Tratamiento; Gen*EA: Interacción Genotipo por Envejecimiento acelerado; Trat*EA: Interacción tratamiento por envejecimiento acelerado; Gen*Trat*EA: Interacción genotipo por tratamientos por envejecimiento acelerado; CV. (%): Coeficiente de variación; *, **: significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; LONP: Longitud de la parte aérea de la plántula; LONR: Longitud de raíz; PSP: Peso seco de la parte aérea de la plántula; GER: Porcentaje de germinación; SSG: Semillas sin germinar; VE: Velocidad de emergencia.

5.5.2. Comparación de medias

Al comparar los valores promedios de los genotipos, se observó mayor germinación (GER) en los genotipos P37CHIGRO y P108J3LE con porcentajes de 98.03 y 98.25 %, mientras que el genotipo P51MXOAX-11 exhibió menor germinación (62.50 %). Por otra parte, los genotipos P37CHIGRO y P108J3LE expresaron menores porcentajes (1.91 y 1.75 %), para la variable semillas sin germinar (SSG), y estadísticamente superó al resto de los genotipos; el genotipo P51MXOAX-11 presentó mayor porcentaje (37.39%) de semillas sin germinar. Estos resultados fueron similares con los reportados por Delgado-Vargas *et al.*, (2018), al evaluar la calidad de la semilla de tres variedades nativas de jitomate, las cuales fueron producidas a temperaturas de 38 °C, y reportaron valores de 97.5% de germinación. Estos resultados indican que los materiales nativos presentan buenas características fisiológicas de las semillas. Los genotipos P65VCOAX-13, P51MXOAX-11, P61MXOAX-12 y P50THOAX-10, germinaron de manera más lento respecto al resto de los genotipos, con un índice de velocidad de emergencia (IVE) de 7.71, 3.57, 3.93 y 4.22 días, mientras que el P108J3LE obtuvo un IVE de 8.73 días. La mayor longitud de plántula (LONGP) y peso seco de la plántula (PSP), fue observado en los genotipos P23ZINPB-4 Y P47THOAX-7, con promedios de 4.43 y 4.45 cm, mientras que el genotipo P23ZINPB-4 presentó mayor peso seco (34.22 g) no obstante, los genotipos P13TEHPB-2, P21ZINPB-3, P25ZINPB-¿? y P81MEYUC-22, no fueron superados estadísticamente por P23ZINPB-4 para la variable peso seco de la plántula. Los genotipos con mayor longitud de raíz (LONGR) y peso seco de raíz (PSR) lo expresaron P13TEHPB-2, P23ZINPB-4 y P25ZINPB- con 15.0, 12.8 y 11.6 cm, y 12.08, 12.23 y 13.08 g, respectivamente (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de medias de siete variables evaluadas en 16 genotipos de jitomate criollo, para determinar el vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado. Periodo junio – octubre de 2017. Tuxpan, Guerrero.

Gen	Origen	LONP (cm)	LONR (cm)	PSP (mg)	PSR (mg)	IVE (días)	GER (%)	SSG (%)
G1	P13TEHPB-2	3.92b	15.0a	32.18ab	12.08ab	7.90cd	90.83ab	9.16cd
G2	P21ZINPB-3	3.93b	9.6ef	32.80ab	10.07abcd	7.61cdef	83.66bc	16.33bc
G3	P23ZINPB-4	4.43a	12.8b	34.22a	11.23ab	8.16abc	93.41ab	6.58cd
G4	P25ZINPB	4.09b	11.6bc	33.11ab	13.08a	7.94bc	88.08ab	11.91cd
G5	P47THOAX-7	4.45a	9.6de	27.62bc	8.77bcde	7.72cde	84.75bc	15.25bc
G6	P48THOAX-8	3.91b	11.2cd	27.62bc	8.82bcde	6.94fg	90.33ab	9.66cd
G7	P50THOAX-10	3.41c	7.1hi	22.23cd	6.56de	4.22h	72.83cd	27.16ab
G8	P51MXOAX-11	3.83b	5.7i	17.43f	5.16e	3.57h	62.50d	37.50a
G9	P61MXOAX-12	3.21cde	6.0i	23.73cd	7.08cde	3.93h	72.83cd	27.16ab
G10	P65VCOAX-13	2.98ef	5.6i	23.71cd	11.09ab	3.71h	83.66bc	16.33bc
G11	P70VCOAX-16 ^a	3.46b	7.8h	27.40bc	11.92ab	8.61ab	92.91ab	7.08cd
G12	P77VCOAX-21	2.59g	7.6h	22.22cd	10.43abcd	7.06efg	87.66ab	12.33cd
G13	P81MEYUC-22	3.29cd	9.3efg	28.75abc	12.84a	7.25def	95.41ab	4.58cd
G14	P90MEYUC-23	2.87fg	7.9gh	25.09c	10.87abc	6.53g	88.75ab	11.25cd
G15	P37CH1GRO	2.62g	6.8hi	22.58bc	8.74abcd	7.72cde	98.03a	1.91d
G16	PI08J3LE	3.03def	8.1fgh	27.34bc	12.29ab	8.73a	98.25a	1.75d
DSH. 0.05		0.29	1.47	6.57	3.90	0.66	12.96	12.96
Media =		3.50	8.86	26.75	10.06	6.73	86.49	13.50

Gen: Genotipos; DSH: Diferencia mínima significativa; LONP: Longitud de la parte aérea de la plántula; LONR: Longitud de raíz; PSP: Peso seco de la parte aérea de la plántula; PSR: Peso seco de raíz; GER: Porcentaje de germinación; SSG: Semillas sin germinar; VE: Índice de velocidad de emergencia; Valores con la misma letra dentro de la misma columna no difieren estadísticamente.

De acuerdo a la FAO (2000) para obtener una buena calidad de semilla, es necesario aplicar una fertilización adecuada para poder hacer un uso eficiente de los nutrientes. Las semillas producidas bajo los tratamientos de composta y con riegos de solución nutritiva (Cuadro 15), no hubo significancia estadística en porcentaje de germinación (69.14-72.07%), semillas sin germinar (17.92-20.86%), longitud de raíz (3.41-3.58 cm), peso seco de raíz (9.50-10.31 mg), estos resultados indican que las semillas de los genotipos almacenaron las reservas necesarias para germinar, es decir que el uso de la composta como medio de crecimiento de los genotipos de jitomate, aportó los nutrimentos disponibles y suficientes para obtener el vigor de las semillas. . El efecto de los tratamientos se observó en la longitud y peso seco de la parte aérea de la plántula. La aplicación de 520 ml de agua con pH de 6.0 y 8.0, en promedio los genotipos de jitomates exhibieron mayor longitud de la parte aérea de la plántula (3.61 y 3.57 cm). En cambio, al aplicar 420 y 320 mL de solución nutritiva concentrada al 25 % (Steiner) se observó en promedio un decremento de la longitud de la parte aérea de la plántula (3.42 y 3.42 cm) de los genotipos de jitomate. Respecto al peso seco de la plántula, se observó mayor valor promedio (27.19 g), cuando se aplicó 320 mL de solución nutritiva, no obstante la aplicación de los volúmenes de 520 y 420 mL de solución nutritiva y 520 mL de agua con pH de 6.0, estadísticamente produjeron similar materia seca y no fueron superados por el tratamiento tres (320 mL de solución nutritiva);

mientras que el menor peso seco de plántula (24.67 g) fue observado con el tratamiento cuatro (220 mL).

Cuadro 15. Comparación de medias de siete variables, mediante el efecto de seis tratamientos, para determinar vigor mediante la prueba de germinación y envejecimiento acelerado.

Trat	LONGP	LONR	PSP	PSR	GER	SSG	IVE
	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(días)
1 (520 ml/SN)	3.52ab	8.80a	27.15ab	10.31a	85.78a	14.21a	6.74a
2 (420 ml/SN)	3.42b	8.86a	26.3ab	9.81a	86.78a	13.21a	6.82a
3 (320 ml/SN)	3.48ab	9.06a	27.19a	10.09a	87.59a	12.40a	6.90a
4 (220 ml/SN)	3.41b	8.61a	24.65b	9.52a	84.62a	15.37a	6.35b
5(520 ml de agua con ph 5.6)	3.61a	9.13a	27.10ab	10.05a	87.96a	12.03a	6.83a
6 (520 ml de agua con pH 8)	3.57a	8.80a	25.85ab	9.50a	86.25a	13.75a	6.70a
DHS. 0.05	0.14	0.75	3.34	1.98	6.57	6.57	0.34
Media =	3.50	8.88	26.37	9.88	86.50	13.50	6.72

Trat: Tratamientos; DHS: Diferencia mínima significativa; LONP: Longitud de la parte aérea de la plántula; LONR: Longitud de raíz; PSP: Peso seco de la parte aérea de la plántula; PSR: peso seco de la raíz; GER: Porcentaje de germinación; SSG: Semillas sin germinar; VE: Índice de velocidad de emergencia; Valores con la misma letra dentro de las columnas no son diferentes estadísticamente.

Al someter las semillas mediante la prueba de envejecimiento (PEA) y la prueba de germinación estándar (PGE). Se observó que la germinación fue de 70.18 y 19.82 % de semillas sin germinar en la prueba de envejecimiento acelerado. En la prueba de germinación estándar los promedios

fueron de 71.25 y 18.74 % en la germinación y semillas sin germinar. Los resultados indican que las semillas no fueron afectadas al someter a temperatura de 60°C durante seis horas. Estos resultados difirieron con los reportados por Álvarez, *et al* (2011), quienes al comparar la germinación de las semillas entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de jitomate reportaron que la germinación fue de 64.57 % en la prueba de envejecimiento acelerado (PEA) y 79.77 % en la prueba de germinación estándar (PGE). La longitud de raíz y peso seco de raíz no mostraron diferencias entre ambas pruebas, debido a que los valores promedios 8.95 (PGE) y 8.80 cm (PEA) de la longitud de raíz, 9.95 (PGE) y 9.82 g (PEA) en peso seco de la raíz Hyatt y Tekrony (2008) mencionan que existe una fuerte sensibilidad en las semillas de jitomate cuando se someten a cierto grado de temperatura, ya que genera un gasto mayor de reservas, lo cual se ve reflejado en el vigor de la semilla. No obstante, en esta investigación la temperatura a las que fueron sometidas las semillas fue de 41 °C, por lo que no alteró de manera negativa y significativa el vigor de las semillas de jitomate, estos resultados sugieren que las semillas de los genotipos de jitomate utilizadas en esta investigación toleran la temperatura de 41 °C, ya que los genotipos se han adaptado bajo condiciones ambientales tropicales, mismo lugar donde fue producida la semilla en estudio La longitud y el peso seco de la parte aérea de la plántula fueron afectadas al estrés del calor del envejecimiento acelerado y los valores promedio fueron de los valores promedio fueron de 3.6 cm y 9.95 g resultados similares a los reportados por Álvarez *et al.*, 2011, quienes al comparar las pruebas de calidad fisiológica de semillas de jitomate, reportaron 3.59 cm de longitud de la parte aérea de 3.59 cm en la prueba de envejecimiento acelerado (PEA) y 4.18 cm en la prueba de germinación estándar (PGE), mientras que en el peso seco promedio de plántulas fue de 13.84 mg (PEA) y 17.14 mg (PGE). Por otro lado, el índice de velocidad de emergencia fue inferior en la PEA (6.57 d) al contrastar el valor promedio obtenido

en la prueba de germinación estándar (6.99 d). Lo cual demuestra una merma en el vigor de las semillas de jitomate al someter a un estrés de calor (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias de siete variables, valoradas por el efecto de la prueba del envejecimiento acelerado en semillas de jitomate.

Prueba	LONGP (cm)	LONR (cm)	PSP (g)	PSR (g)	%GER (%)	SSG (%)	IVE (días)
PEA	3.4b	8.81a	25.92b	10.43a	85.97a	14.02a	6.57b
PGE	3.6a	8.95a	26.84a	9.95a	87.02a	12.97a	6.88a
DSH. 0.05	0.059	0.29	1.32	0.78	2.60	2.60	0.13
Media	3.5	8.88	26.38	10.19	86.50	13.50	6.73

DSH: Diferencia mínima significativa; PEA: prueba de envejecimiento acelerado; PGE; prueba de germinación estándar; LONP: Longitud de la parte aérea de la plántula; LONR: Longitud de raíz; PSP: Peso seco de la parte aérea de la plántula; GER: Porcentaje de germinación; SSG: Semillas sin germinar; IVE: El índice de velocidad de emergencia; Valores con la misma letra dentro de las columnas no son diferentes estadísticamente (Tukey 0.05).

5.6. Conclusiones

La prueba de envejecimiento acelerado y los tratamientos aplicados para la producción de semillas de jitomate, no fueron afectadas su potencial genético de vigor (germinación, semillas sin germinar, longitud de raíz y peso de raíz).

La prueba de envejecimiento acelerado detectó genotipos con características específicas relacionadas al vigor de la semilla, mismos que se les puede dar seguimiento en un programa de

mejoramiento genético, para mejorar otras características deseables, además de germinación y viabilidad.

5.7. Bibliografía

Álvarez, M. A.; Martínez, S. A.; Rodríguez, P. J. E. y Peña, O. M. G. Relación entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el establecimiento en almácigo. *Rev. Chapingo Ser.Hortic* [online]. 2011, vol.17, n.spe2 [citado 2019-06-01], pp.57-62. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2011000500006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-4034.

Delouche, J. C. and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. and Tech.* 1(2):427-452.

FAO. 2000. Estrategias en Materia de Fertilizantes, 1era publicación de la FAO, Roma, Italia. (Disponible también en: <http://www.fao.org/tempref/agl/agll/docs/fertstrs.pdf>).

Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: *Seed Vigour Testing Seminar*. 1995. Copenhagen. [Proceedings...] Zurich: International Seed Testing Association, 1995. pp. 1-9.

Hyatt, J. E., Tekrony, D. M. 2008. Factores que influyen en la prueba de envejecimiento acelerado con sal saturada en tomate y cebolla. *Ciencia y tecnología de semillas*. 36 (3): 534-545.

ISTA. 1995. International Seed Testing Association (Zurich, Suiza). *Handbook of vigor test methods*. 2. ed. Zurich, 1995. 117 p.

- ISTA. 2004. International Seed Testing Association. Handbook on Seed Sampling, Second Edition. (ed. M. Kruse), International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(1) 176-177.
- Martínez, S. J. M.; Virgen, V. J.; Peña, O. M. G. y Santiago, R. A. 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(3):289-304.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(1) 176-177.
- Pittcock J. K. 2008. Seed production, processing and analysis. *In: Plant Propagation.* C A Beyl, R N Trigiano (ed.). CRC Press Taylor & Francis Group. U.S.A. pp:401-406.
- Schwarz, D., Thompson, A. J., and Kläring, A. J. 2014. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in Plant Science*, 5, 625. doi: 10.3389/fpls.2014.00625
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 1975. Normas para la certificación de semillas. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Agricultura, D. F., México. pp. 39-40.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: proceedings of sixth international congress on soilless culture. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-649.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

Los genotipos de jitomate criollo presentaron diferentes características fenotípicas de interés agronómico (crecimiento, precocidad, sólidos solubles totales y calidad de semilla) que pueden utilizarse para generar nuevos materiales.

El uso de composta como sustrato en el cultivo de jitomate criollo, permite un menor uso de fertilizantes químicos, ya que aporta parte de los nutrimentos necesarios, para la producción frutos.

La calidad de la semilla, depende de un buen manejo del cultivo establecido en campo, y utilizar la misma tecnología para la producción comercial de fruto.

Los genotipos de mayor calidad física fueron: P77VCOAX-21 (contenido de humedad), P13TEHPB-2 (Peso de mil semillas) y P61MXOAX-12 (Peso hectolitrico).

Los genotipos que obtuvieron mayor calidad fisiológica son: P37CH1GRO, PI08J3LE, P8IMEYUC-22, P50THOAX-10, P70VCOAX-16a y P25ZINPB (porcentaje de germinación), P8IMEYUC-22, PI08J3LE, P37CH1GRO, P23ZINPB-4, P51MXOAX-11, P70VCOAX-16^a y P50THOAX-10 (viabilidad y menor porcentaje de semillas no viables).

La mayor calidad física y fisiológica de semillas, fue obtenida con el tratamiento uno (520 ml de solución nutritiva).

Con los tratamientos 5 (520 mL de agua con pH de 5.8) y 6 (520 mL de agua con pH de 8), los genotipos obtuvieron una buena calidad fisiológica aceptable.

VII. LITERATURA CITADA GENERAL

- Álvarez, M. A.; Martínez, S. A.; Rodríguez, P. J. E. y Peña, O. M. G. Relación entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el establecimiento en almácigo. Rev. Chapingo Ser.Hortic [online]. 2011, vol.17, n.spe2 [citado 2019-06-01], pp.57-62. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2011000500006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-4034.
- Bai Y. and P. Lindhout .2007 Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? Annals of Botany 100:1085-1094.
- Batu A. 2004. Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. Journal of Food Engineering 62:472-475.
- Bergougnoux V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. Biotechnology Advances 32:170-189.
- Besnier, R. F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Bhandari, S.R., M.C. Cho and J.G. Lee. 2016. Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. Hortic. Environ. Biote. 57(5):440-452.
- Biais, B., Bénar, C., Beauvoit, B., Colombié, S., Prodhomme, D., Ménar, G., Bernillo, S., Gehel, B., Gautier, H., Ballias, P., Mazart, J. P., Sweetlove, L., Genard, M., & Gobon, Y. 2014. Remarkable reproducibility of enzyme activity profiles in tomato fruits grown under

contrasting environments provides a roadmap for studies of fruit metabolism. *Plant Physiology*, 164(3): 12041221. doi 10.1104/pp.113.231241

Bishaw, Z.; Niane A. A. and Gan. Y. 2007. Quality seed production. Yadav, S. S. (Eds.). *In: Lentil: an ancient crop for modern times*. Springer. Holanda 349-383 pp.

Bonilla-Barrientos, O., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Cruz-Izquierdo, S., Reyes-López, D., Hernández-Leal, E., and Hernández-Bautista, A. 2014. Agronomic and morphological diversity of local kidney and bell pepper-shaped tomatoes from Puebla and Oaxaca, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(2): 129-139. Recuperado en 15 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000200004&lng=es&tlng=en.

Bradford, K. J. 2004. Seed production and quality. 1st. edition. Department of vegetable crop and weed science. University of California. Davis, USA. 134 p.

Carballo, C. A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. *In: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. pp. 80-101.*

Carrillo-Rodríguez, J. C., J. L. Chávez Servia, and I. A. Pacheco-Triste. 2009. Diversidad fenotípica de tomate en Oaxaca, México. *In: VII Simposio de Recursos genéticos para América Latina y el Caribe, 28-30 de octubre de 2009, Pucón, Chile, Vol. 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Pucón, Chile. pp: 222-223.*

- Carrillo-Rodríguez, J. C. y Chávez-Servia, J. L. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):1-6.
- Copeland, O. L. and McDonald, B. M. 2001. Principles of seed science technology. 4 ed. Burgess Publishing Company. Mineapolis, Minnesota, USA. p. 121-144.
- Copeland, O. L. and McDonald, B. M. 1995. Principles of seed science and technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA 409 p.
- Cruz C. E., Sandoval V. M. Volke H. V. H., Can C. Á., & Sánchez E. J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(7): 1361-1373. Recuperado en 25 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700006&lng=es&tlng=es.
- Delgado-Vargas, V. A., Magdaleno-Villar, J.A., Ayala-Garay, O. J. & Garfias-Sánchez, D. 2018. Seed quality of three native tomato varieties and a commercial one produced under high temperatures. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(3), 215-227.
- Delouche, J. C. and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. and Tech.* 1(2):427-452.
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. En: Nuez F (ed.). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. D.F. 796 pp.
- Duvick, D. N. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis. *In: Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J D Coors, S Pandey (eds). Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA. pp: 295-304.

- FAO. 2011. Semillas en emergencia. Manual técnico. Documento 202 de la FAO sobre producción y protección vegetal, Roma, Italia.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: Seed Vigour Testing Seminar. 1995. Copenhagen. [Proceedings...] Zurich: International Seed Testing Association, 1995. pp. 1-9.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT), 2016. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Foolad, M. R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. International Journal of Plant Genomics 52 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2007/64358>.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D.F. 222 p.
- González M. A., & Hernández L. B. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Terra Latinoamericana, 18 (1): 45-50.
- Ho, L. C.; Hewitt, J. D. 1986. Fruit Development.. In: The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement. Atherton, J. G.; Rudich, J. (eds.). Chapman and Hall. New York, USA. pp. 201–239.
- Hyatt, J. E., Tekrony, D. M. 2008. Factores que influyen en la prueba de envejecimiento acelerado con sal saturada en tomate y cebolla. Ciencia y tecnología de semillas. 36 (3): 534-545.

- ISTA. 1995. International Seed Testing Association (Zurich, Suiza). Handbook of vigor test methods. 2. ed. Zurich, 1995. 117 p.
- ISTA. 2004. International Seed Testing Association. Handbook on Seed Sampling, Second Edition. (ed. M. Kruse), International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA), 2009. International Rules For Seed Testing. Published by The International Seed Testing Association. P. O. BOX 308, 8303. Bassersdorf, CH-Switzerland. 243 p.
- Jones J. B; Jones, J. P; Stall, R. E; Zitter, T. A. 2000. Plagas y enfermedades del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 2-3.
- Juárez L. G., F. Sánchez del C. y E. Contreras M. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. Rev. Chapingo serie Hort. 6: 19-23.
- Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Sandoval-Villa, Manuel, R. V., Porfirio, R., David, Wm., Cisneros-Zevallos, L., & King, S. 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo. Serie horticultura, 18(2), 207-216. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.02.013>
- Kraft, K. H., J. J. Luna-Ruiz, and P. Gepts. 2010. Different seed selection and conservation practices for fresh market and dried chile farmers in Aguascalientes, México. Economic Botany, Vol. 64, Núm. 4, pp: 318-328.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2(1) 176-177.

- Maldonado, R., P. Ramírez, V. González, M. Sandoval, M. Livera, N. Cruz. 2016. Riqueza agronómica en colectas Mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L) nativos. *Agroproductividad*, 9 (12): 68-75.
- Márquez, C. y P. Cano. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. En: E. Olivares S. (ed.). Segundo simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernaderos. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey N. L. México. 285 p.
- Martínez, M., & Cardozo Conde, C., & Sánchez Orozco, M. 2010. Respuesta fisiológica de semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal - Maravilla y pimentón (*Capsicum annuum* L.) var Unapal-Serrano en crioconservación. *Acta Agronómica*, 59 (4), 402-410.
- Martínez, S. J. M.; Virgen, V. J.; Peña, O. M. G. y Santiago, R. A. 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(3):289-304.
- Moreno, A., M. T. Valdés y T. Zarate. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65: 26-34.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera Ed. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 393 p.
- Moreno, M. E. Vázquez, M. E. Rivera A. Navarrete R., Esquivel, F. 1988. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Sci. Technol.* 26:439-448.

- Osorio, R., Oliva, Servia, C., José L., & Carrillo-Rodríguez, José C.. (2014). Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(1), 35-51.
- Peralta I. E. and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crop, Vol. 2: Tomato*. M. K. Razdan, A. K. Razdan and A. K. Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield. New Hampshire, USA. pp:1-24.
- Perry, D. A. 1972. Seed vigour and field establishment. *Hort. Abstr.* 42:334-342.
- Pittcock J. K. 2008. Seed production, processing and analysis. In: *Plant Propagation*. C A Beyl, R N Trigiano (ed.). CRC Press Taylor & Francis Group. U.S.A. pp:401-406.
- Raviv, M., Y. Oka, J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky y H. Ziadna. 2005. High nitrogen compost as a médium for organic farming. *European Journal of Agronomy* 25: 328-335.
- Rick C. M. 1986. Germplasm resources in the wild tomato species. *Acta Horticulturae* 190:39-48.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, F. Favela-Chávez, V. de P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández, A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humos de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 265-272.
- Rodríguez D. N., Cano R. P., Figueroa V. U., Favela C. E., Moreno R. A., Márquez. H. C., Ochoa M. E. & Preciado R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 319-327. Recuperado en 14 de junio de

2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400006&lng=es&tlng=es.

Rodríguez, G. E., D. Vargas C., J. J. Sánchez G., R. Lépiz I., A. Rodríguez C., J. A. Ruiz C., P. Puente O., y R. Miranda M. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo*, Vol. 7, Núm. 2. pp: 46-59.

Rodríguez M., N., G. Alcántara G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. and J. A. Santizo R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante medidor portátil de clorofila. *Terra* 16: 135-141.

Rodríguez R. R., J. M. Tabares R. y J. A. Medina J. 2001. *Cultivo Moderno del Tomate*. Mundi Prensa. Madrid, España. 255 p.

Schwarz, D., Thompson, A. J., and Kläring, A. J. 2014. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in Plant Science*, 5, 625. doi: 10.3389/fpls.2014.00625

Servicio de información Agroalimentaria y Pesca (SIAP), 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En línea: <https://www.gob.mx/siap/articulos/jitomate-3-3-millones-de-toneladas-en-2016> (consulta, 2017)

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 1975. Normas para la certificación de semillas. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Agricultura, D. F., México. 39-40 pp.

Statistical Analysis System Institute INC. (SAS) 2003. SAS/STAT™ User's guide, Release 9.1 Edition. Cary, NC. USA. 409 p.

Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-649. In: Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands.

Tanksley, S.D., 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *The plant cell*, 16(1):181-189.

Tornero C. M. A. 1998. Efecto de la nutrición en la producción de fruto y calidad de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en fertirrigación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 128 p.