



Universidad Autónoma Chapingo

Departamento de Fitotecnia
Instituto de Horticultura

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN CUATRO VARIETADES
DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

PRESENTA:

JORGE CORONADO GONZÁLEZ

Chapingo, México. Junio de 2015.



DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
SECRETARIA DE EXAMENES PROFESIONALES



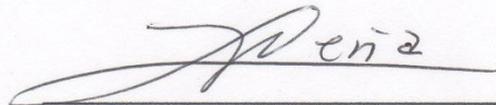
Instituto de Horticultura

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN CUATRO VARIEDADES
DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Tesis realizada por JORGE CORONADO GONZÁLEZ bajo la dirección del Comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

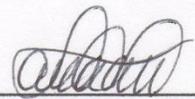
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



Dr. Aureliano Peña Lomelí

ASESOR:



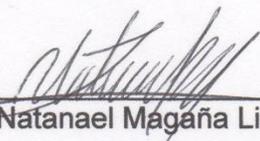
Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESORA:



Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada

ASESOR:



M.C. Natanael Magaña Lira

Chapingo, México. Junio de 2015

DEDICATORIAS

A Dios, por guiar mi vida y estar en todo momento con migo.

A mi madre la Sra. Teresa de Jesús González Ramírez, por ser mi motor de vida, porque tu ejemplo me ha impulsado a concluir mis sueños y ser cada día mejor ser humano, como tú lo eres. Gracias por tu alegría, amor incondicional, tu perseverancia, paciencia y dedicación, eres una gran mujer e inigualable madre. Te amo con todo mi corazón, mis triunfos te los dedico a ti.

A mi Familia:

A mis hermanos Juan, Esther, Martín, Pancho, José, Chava y Teresita, por su gran amor y apoyo en mi vida, los amo carnales.

A mis grandes amigos y hermanos de vida: Marielena Gallardo, Angélica Maestro Ascencio, Ing. Juventino, Doña Conchita, Don Juan, Marco, Jesús Antonio, Edgar, Sagrario, Lili, Héctor, Lucí, Minerva, mamá Bertha, Davis, Luigi, Ricardo, Merlín, Paoli, Elisa, Alberto, Marce, Elo, Leo, Marcia, Alexander, Nery, Aldo, Caro, Jars, Roxana, German. Y muchos más que por espacio no podre mencionar, pero que saben que los llevo presentes en mi mente y mi corazón. Gracias por formar parte de mi historia de vida y ser mi gran familia.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT), por el apoyo económico brindado durante la realización de mis estudios de Maestría.

A la **Universidad Autónoma Chapingo** por haber permitido llevar mis estudios de posgrado y la realización de esta investigación.

Al **Dr. Aureliano Peña Lomelí**, mi admiración y agradecimiento por ser mi director de tesis, y dirigir de manera excelente la conducción del presente trabajo, por sus consejos, su paciencia y su tiempo brindado, por su gran calidad humana y profesional.

Al **Dr. Jaime Sahagún Castellanos**, por su interés y apoyo en el desarrollo de esta investigación, por sus valiosas aportaciones, por su disposición de tiempo y sus innumerables muestras de sencillez, por su gran calidad humana y profesional.

A la **Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada**, por su valiosa participación como asesora, por sus aportaciones y sugerencias, por su apoyo incondicional y gran disponibilidad en la revisión de este trabajo.

Al M.C. **Natanael Magaña Lira**, por su valiosa participación como asesor, por estar siempre al pendiente de este trabajo, por su ayuda tan indispensable, por sus grandes aportaciones al presente trabajo y por su gran calidad humana y sencillez.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Jorge Coronado González

Fecha de nacimiento: 08 de Mayo de 1985

Lugar de nacimiento: Atotonilco el Alto, Jalisco.

CURP: COGJ850508HJCRNR07

Profesión: Ingeniero Agroindustrial

Cédula profesional: 8139800

Desarrollo académico

2013-2014 Maestro en Ciencias en Horticultura Departamento de Fitotecnia
Universidad Autónoma Chapingo

2003-2007 Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial Universidad Autónoma
Chapingo

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN CUATRO VARIEDADES
DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)**

**SEED YIELD AND QUALITY OF FOUR HUSK TOMATO VARIETIES
(*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)**

Jorge Coronado González¹ y Aureliano Peña Lomelí²

RESUMEN

En la producción de semillas es necesario contar con la tecnología adecuada para su extracción y beneficio. Para estudiar el efecto de dos máquinas sobre el rendimiento y calidad de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara, y evaluar la calidad fisiológica de la semilla beneficiada y almacenada durante seis meses, se extrajo y benefició la semilla de 1,000 kg de fruto por unidad experimental. Se evaluó el tiempo total de proceso, rendimiento, contenido de humedad y germinación de semilla. Se hicieron pruebas de germinación a la semilla beneficiada a los cero, tres y seis meses de almacenamiento, y al final se realizó la prueba de vigor. Se obtuvo mejor calidad fisiológica con la máquina despulpadora. La variedad Diamante presentó el mayor rendimiento de semilla. El beneficio mejoró la calidad de la semilla. El almacenamiento durante seis meses no afectó la calidad fisiológica de la semilla.

Palabras clave: acondicionamiento, germinación, vigor, almacenamiento, tamaño de semilla.

ABSTRACT

In the production of seeds is necessary to have the right technology for their extraction and processing. In order to study the effect of two machines on yield and quality of seeds from four husk tomato varieties, and to evaluate the physiological quality of processed seed and stored by six months, seed of 1,000 kg of fruit per experimental unit was extracted. Total time of process, yield, humidity content and germination of seed were evaluated. Germination tests were made for processed seed after, three and six month's storage, and vigor test was made at the end. The high physiological seed quality was obtained with the pulping machine. The Diamante variety had the highest seed yield. The process improved the seed quality. Six months storage did not affect the physiological seed quality.

Keywords: seed processing, germination, vigor, storage, seed size.

¹Tesista

²Director

CONTENIDO

CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivo general	5
1.2.1 Objetivos particulares	5
1.3 Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 La semilla insumo clave para la producción	7
2.2 Producción de semillas de hortalizas	8
2.2.1 Panorama internacional	8
2.2.2 Panorama nacional	9
2.3 Programa de producción de semillas	10
2.4 Calidad de la semilla	11
2.5 Análisis de semillas	12
2.5.1 Factores que pueden deteriorar la calidad fisiológica de la semilla ..	12
2.5.2 Pruebas de calidad	13
2.5.3 Latencia de la semilla en tomate de cáscara	15

2.6 Investigaciones sobre calidad de semilla de tomate de cáscara	16
2.7 Beneficio de semillas.....	17
2.7.1 Generalidades.....	17
2.7.2 Cosecha de frutos carnosos para extracción semillas	19
2.7.3 Proceso de extracción en semilla de tomate de cáscara	20
2.7.4 Proceso de secado en semilla de tomate de cáscara	21
2.7.5 Limpieza y clasificación	22
2.7.6 Almacenamiento de semillas	23
2.8 Características de las variedades de tomate de cáscara en estudio.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Localización del experimento	27
3.2 Factores de estudio.....	28
3.3 Diseño de Tratamientos	29
3.3.1 Proceso de extracción de la semilla.....	29
3.3.2 Calidad fisiológica de la semilla	30
3.4 Evaluación de tratamientos	31
3.4.1 Tiempos totales de extracción de semillas por máquina (TTP).....	31
3.4.2 Características físicas de las semillas	32
3.4.3 Rendimiento de semilla extraída por variedad	33
3.5 Análisis estadístico.....	38

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Proceso de beneficio de semilla en la Universidad Autónoma Chapingo	42
4.1.1 Descripción de las operaciones unitarias del diagrama de bloques..	43
4.2 Beneficio, rendimiento y calidad de semilla	51
4.2.1 Análisis de varianza de características físicas y fisiológicas.....	51
4.2.2 Comparación de medias de máquinas extractoras de semilla	54
4.2.3 Comparación de medias de variedades.....	57
4.2.4 Comparación de medias para tiempo de almacenamiento	61
4.2.5 Interacción máquina x variedad	62
4.3 Prueba de vigor para máquinas, variedades y tamaño de semilla	68
4.3.1 Análisis de varianza de calidad fisiológica de semilla	68
4.3.2 Comparaciones de medias	70
4.3.3 Interacción máquina x variedad	74
V. CONCLUSIONES	82
VI. LITERATURA CITADA	84

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza de 12 variables de calidad física y fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción de la semilla.....	52
Cuadro 2. Análisis de varianza de tres variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción.....	54
Cuadro 3. Comparación de medias de 15 variables de calidad física y fisiológica utilizando dos máquinas de extracción de semilla de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.).....	55
Cuadro 4. Comparación de medias de 15 variables de calidad física y fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.).....	58
Cuadro 5. Comparación de medias de tres variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) con tres tiempos de almacenamiento (cero, tres y seis meses).....	61
Cuadro 6. Análisis de varianza para ocho variables de vigor como parámetro de calidad fisiológica de tres tamaños de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción.....	69
Cuadro 7. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraída con dos diferentes máquinas.....	71
Cuadro 8. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraída con dos diferentes máquinas.....	72
Cuadro 9. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) para tres tamaños de clasificación.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superficie sembrada, Cosechada y Producción de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en México durante el periodo 2003-2013.....	10
Figura 2. Operaciones fundamentales del Beneficio de semillas.....	19
Figura 3. Diagrama de flujo del Beneficio de semilla de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en la Universidad Autónoma Chapingo, utilizando una máquina despulpadora.....	42
Figura 4. Peso de semilla húmeda de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	63
Figura 5. Peso de semilla seca sin clasificar de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) Utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	64
Figura 6. Tiempo Total de Proceso al extraer la semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas extractoras. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	65
Figura 7. Peso de semilla tamaño grande de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	66
Figura 8. Porcentajes de germinación de semilla clasificada en tamaño estándar de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas para su extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	67
Figura 9. Porcentaje de germinación (G1) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día dos de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	75
Figura 10. Porcentaje de germinación (G2) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día cuatro de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	76
Figura 11. Porcentaje de germinación (G3) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día seis de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	77
Figura 12. Porcentaje de germinación (G4) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. Ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día ocho de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	78

Figura 13. Porcentaje de germinación total (GT) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día 10 de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	79
Figura 14. Índice de Velocidad de Germinación de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p = 0.05$).....	80

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) pertenece a la familia Solanaceae y subfamilia Solanoideae, tribu Solaneae, que contiene 18 géneros. Dentro del género *Physalis* se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, confinadas en su gran mayoría en zonas templadas y tropicales de América y muy pocas especies en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical. De todas las especie de este género, aproximadamente 70 se encuentran en México (Santiaguillo *et al.*, 2010).

La superficie cosechada de tomate de cáscara ha aumentado desde 1932. Este cultivo adquirió importancia en los setenta y desde los ochenta se exporta en fresco o industrializado a los EE.UU. (Pérez y Granados, 2001). Esta hortaliza ha adquirido mayor relevancia en los últimos años debido a su fácil manejo, a la alta demanda, y a la intensificación de la tecnología de producción. Prueba de ello es que de 1990 al 2013 la producción nacional se incrementó de 272,628 a 588,224.94 t. En la actualidad es el séptimo cultivo hortícola después del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum. & Nakai.) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Es sembrado en 26 estados de la República Mexicana con una superficie total en 2013 de 44,522.36 ha, y con un rendimiento medio de 14.682 t·ha⁻¹ (SIAP, 2015). Destacan en su producción los estados de Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Estado de México, Puebla y Michoacán.

1.1 Justificación

La creciente demanda de alimentos ha creado la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan hacer un uso más eficiente de los insumos agrícolas, entre ellos agua y suelo, y particularmente la semilla, que es la base de la producción agrícola. En México la mayoría de las semillas de especies hortícolas es importada, por lo que es importante que se desarrolle la tecnología necesaria para producir semillas de hortalizas de alta calidad (Robledo *et al.*, 2010).

Para la producción de un cultivo rentable es necesario utilizar semilla de alta calidad, porque ofrece mayor probabilidad de éxito durante el establecimiento de la plántula. Además, las semillas de alta calidad mantienen mayor viabilidad durante el almacenamiento. La viabilidad, capacidad germinativa y el vigor de la semilla se ven afectados por las condiciones de beneficio de la semilla, entre otras condiciones (Ayala *et al.*, 2014).

La presente investigación, que forma parte del Programa de Mejoramiento Genético de Tomate de Cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), enfoca como factor de estudio lo referente al rendimiento y calidad de semilla en cuatro variedades de tomate de cáscara (*P. ixocarpa*), esto debido a que actualmente el proceso de producción y beneficio de semilla de esta especie se lleva a cabo con maquinaria y tecnologías adaptadas por los

responsables del programa, y a que la investigación de esta especie es escasa, particularmente en el proceso de producción de semillas (Marín *et al.*, 2010).

El objetivo del acondicionamiento de semilla es obtener, de la cantidad total de semilla cosechada, solamente aquel volumen que reúne las mejores condiciones de tamaño, peso y germinación, atributos que establecen el valor de calidad de la misma (Martínez *et al.*, 2004).

Doria (2010) afirma que el beneficio de semilla es una parte integral de la tecnología implicada en la transformación del mecanismo genético, seguido por el productor en el mejoramiento y procesamiento de la semilla.

Si bien es cierto que desde hace diez años se realiza la extracción, secado y clasificación de semilla de variedades certificadas y no certificadas en el programa de mejoramiento genético de la UACH con gran éxito, no se cuenta con la estandarización y documentación de los procesos del beneficiado de la semilla, lo que pone en riesgo la calidad y homogeneidad de los lotes de semilla.

Las semillas se acondicionan para eliminar impurezas, clasificarlas por tamaño para la siembra, superar su calidad por medio de la separación de las dañadas o deterioradas y aplicarles las sustancias del tratamiento sanitario. Procesar semilla incluye todos los pasos desde su cosecha hasta su comercialización. Del manejo eficiente que se le dé a este proceso dependerá la calidad final de

la semilla. Debido a esto, la tecnología de semillas es una herramienta fundamental para el incremento de la producción de alimentos a niveles satisfactorios (Doria, 2010).

La propagación del tomate de cáscara es por medio de semillas y debido a su amplio cultivo esta es de gran demanda. Sin embargo, mucha de la ofrecida en el mercado es de baja calidad física, fisiológica y genética. Por lo anterior, es de suma importancia realizar investigación y generar información que dé origen a tecnologías que ayuden a superar los problemas inherentes a su producción. Además, es importante producir semilla de variedades registradas, para ofrecerlas con la calidad y en los volúmenes adecuados en las regiones agrícolas de producción, pues de esta manera se puede contribuir a que los productores logren rendimientos superiores a las 14.68 t·ha⁻¹ conseguidos actualmente en condiciones de riego y acercarlos al potencial de 40 t·ha⁻¹ obtenido con variedades mejoradas (Peña *et al.*, 2014).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se evaluaron dos máquinas extractoras de semilla (molino eléctrico y despulpadora), cuatro variedades de tomate de cáscara (Diamante, Tecozautla 04, Gema y Manzano Tepetlixpa), y tres tiempos de almacenamiento de semilla (cero, tres y seis meses después del beneficio), con los objetivos e hipótesis siguientes:

1.2 Objetivo general

Determinar el efecto en la calidad y rendimiento de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara al utilizar dos equipos diferentes para su extracción y tres tiempos de almacenamiento de semilla.

1.2.1 Objetivos particulares

Evaluar el rendimiento y la calidad fisiológica de la semilla por variedad después de la limpieza y clasificación por tamaño.

Determinar los tiempos del proceso de extracción de semilla en cada máquina evaluada y el porcentaje de humedad en tres puntos de muestreo del proceso de beneficiado y clasificación de la semilla.

Evaluar la calidad fisiología de la semilla por máquina de extracción, en los diferentes puntos de estudio.

Evaluar la calidad fisiológica de la semilla en tres tiempos de almacenamiento.

1.3 Hipótesis

Los tiempos de extracción de semilla serán menores en la máquina despulpadora, respecto de la máquina eléctrica.

Los rendimientos de semilla en las cuatro variedades serán distintos.

La calidad de la semilla será mayor después del beneficiado y clasificado.

El porcentaje de germinación de la semilla se reduce después de seis meses de almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La semilla insumo clave para la producción

El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) define a la semilla como la que se obtiene del fruto después de la fecundación de la flor, los frutos o partes de éstos, así como partes de vegetales o vegetales completos que se utilizan para la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales (SNICS, 2007).

Las semillas se consideran el insumo básico para el desarrollo de la agricultura, debido a que garantiza la producción y suplen nuevos recursos al genofondo agrícola (Ferro *et al.*, 2009). Son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento (Doria, 2010).

Desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, ya que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella. Indiscutiblemente, la semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, y contribuye significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Por tal motivo son de gran interés científico-técnico los trabajos

encaminados a estimular y prolongar la germinación y posterior conservación de la semilla, para poder elevar la productividad de los cultivos de forma sostenible y enfrentar los cambios en el entorno de manera apropiada (Doria, 2010).

2.2 Producción de semillas de hortalizas

La producción comercial de semillas de hortalizas es una actividad especializada, que requiere la asistencia de profesionales experimentados y que conozcan profundamente no sólo las técnicas culturales, sino también el proceso de cosecha y beneficio de semillas. La operación destinada a mejorar la calidad del lote de semillas por la remoción de semillas de hierbas indeseables, semillas quebradas, inmaduras, y de la homogeneización del tamaño de las semillas, etc., se conoce como beneficio. Los problemas derivados del gran volumen de producción de semillas aunados a la necesidad de alcanzar, controlar y mantener un alto nivel de calidad, exigen tecnologías apropiadas y estandarizadas a los diversos tipos de semillas (Popinigis, 1988).

2.2.1 Panorama internacional

El mercado mundial de semillas hortícolas se encuentra altamente globalizado, ya que pocas empresas concentran las tareas de obtención y multiplicación de cultivares. En Estados Unidos y Europa el 75 % de este mercado está manejado por cinco empresas, muchas de ellas relacionadas con la industria

química, que tienden a fusionarse para mejorar aún más su posición internacional (Gaviola, 2009).

2.2.2 Panorama nacional

Actualmente 95 % de las semilla que se siembra en el país es producida y comercializada por empresas trasnacionales a precios que en ocasiones son excesivos. De las semillas que se producen en México (5 %), una cantidad importante se produce de manera artesanal, lo cual da como resultado semilla de pobre calidad (Robledo *et al.*, 2010).

Para el año 2000 el cultivo de tomate de cáscara se ubicó en el cuarto lugar de superficie dedicada para la siembra. Para el año 2011 ocupó el sexto lugar, solo superado en superficie sembrada por el chile verde, papa, elote, jitomate y cebolla. Para los años 2011, 2012 y 2013, la superficie sembrada fue superior a 40,000 ha por año, con producciones cercanas a las 600,000 t por año (Figura 1), lo que da una idea de la importancia del cultivo del tomate de cáscara a nivel nacional, pues los últimos 10 años la producción ha generado más de 2000 millones de pesos anuales (SIAP, 2015).

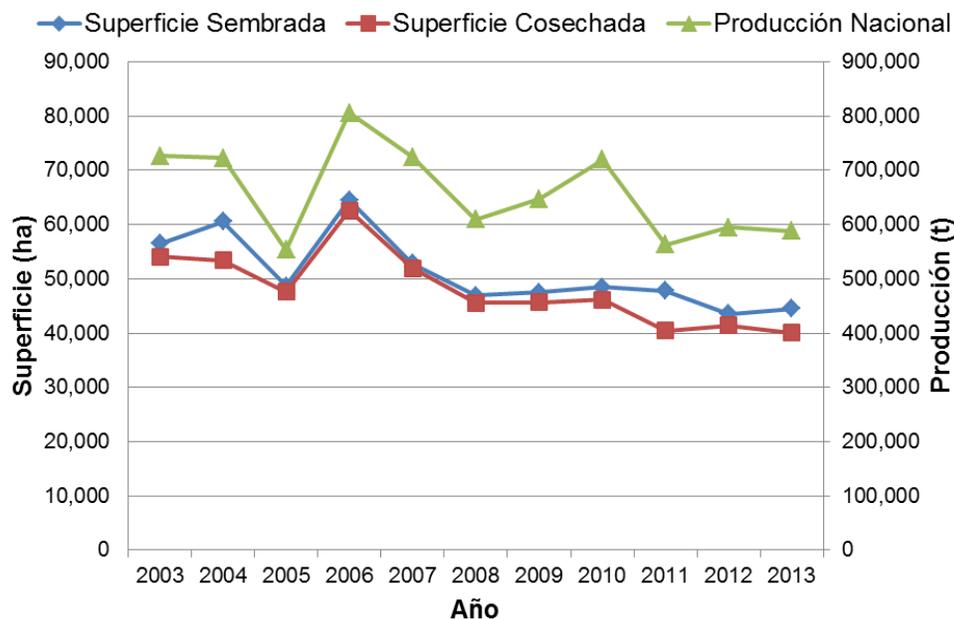


Figura 1. Superficie sembrada, cosechada y producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en México durante el periodo 2003-2013. Fuente: SIAP, 2015.

2.3 Programa de producción de semillas

La producción de semillas es un programa organizado de una empresa para planificar, producir y suministrar continuamente semillas de calidad superior de acuerdo a las exigencias del mercado. La base de la producción de semillas es el control de calidad, que comprende el concepto de prevenir los problemas, pues se considera que a medida que se demora en controlar un problema, se duplica el costo de corrección del mismo en etapas posteriores (Casini, 2007).

El Programa de Mejoramiento Genético de Tomate de Cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo surgió hace 30 años (Peña y Márquez, 1990). En 2002 se creó la Red de Tomate de cáscara que pertenece a la Macro-Red Hortaliza del Sistema Nacional de Recurso Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), misma que está constituida por un grupo

interdisciplinario e interinstitucional formado por nueve investigadores de cuatro instituciones líderes en investigación a nivel nacional. Esta red es coordinada por la Universidad Autónoma Chapingo. Como parte de las actividades tanto del programa de mejoramiento genético como de la Red de Tomate de Cáscara desde hace diez años se ha incrementado semilla de diversas variedades. En particular, en 2012 fue el primer año en que en México se produjo semilla certificada de tomate de cáscara de variedades registradas (SINAREFI, 2015), pues en general en México las empresas que producen semilla de tomate de cáscara no tienen programas de mejoramiento genético y su semilla no es certificada (Peña *et al.*, 2014).

2.4 Calidad de la semilla

La calidad de la semilla se compone de varios elementos. Uno de ellos es la calidad fisiológica que se evalúa mediante pruebas de germinación y viabilidad (Marín *et al.*, 2007). En cualquier sistema de producción de cultivos, un aspecto importante es el uso de semillas de alta calidad, donde el principal requisito para producir plantas vigorosas con mayor capacidad competitiva es la calidad fisiológica, que está referida a la facultad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas (Doria, 2010).

2.5 Análisis de semillas

El análisis de semillas brinda información para determinar la calidad de un lote de semillas y consta de parámetros tales como germinación, calidad física y contenido de humedad. Esto asegura que cumpla con las especificaciones técnicas y por ende se suministre semilla de calidad a los agricultores (FAO, 2011).

La calidad de las semillas está dada fundamentalmente por su capacidad para germinar y producir una planta normal. Es determinada por un complejo de condiciones, que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de las especies y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan (Doria, 2010).

2.5.1 Factores que pueden deteriorar la calidad fisiológica de la semilla

Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida de vigor y viabilidad total o parcial de las semillas son temperatura, humedad, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores. De los factores físicos que afectan la calidad de la semilla, los más importantes a considerar durante el almacenamiento son la humedad de equilibrio de la semilla, humedad relativa y temperatura de almacenamiento que la rodean, ya que estos inciden principalmente sobre su contenido de humedad (Doria, 2010).

Pérez *et al.* (2012) mencionan que cualquiera que sea el mecanismo preciso del deterioro, en las semillas ortodoxas la pérdida de viabilidad es un fenómeno regido en gran medida por la respiración. Es probable que las condiciones que reduzcan la tasa de respiración sin dañar la semilla prolonguen su vida en almacén. Estas condiciones se pueden propiciar con bajos valores de contenido de oxígeno, de humedad y de temperatura. La FAO (2011) menciona que el contenido de humedad de la semilla es el factor crítico que afecta la tasa de deterioro.

El porcentaje de humedad óptimo depende de la especie y de la temperatura. Como se indica en las normas de Semilla de Calidad Declarada, los cereales deberían tener un contenido de humedad de 13 % o menos, las leguminosas 10 % o menos y las semillas de hortalizas 8 % o menos. En general cuando más bajo es el porcentaje de humedad de las semillas, menor es su tasa de respiración (FAO, 2011).

2.5.2 Pruebas de calidad

Existen diversas pruebas que se utilizan para estimar calidad, como es el caso de la germinación estándar. Esta prueba es utilizada en la industria de las semillas. Sin embargo, debido a que es desarrollada bajo condiciones favorables, comúnmente no es suficiente para predecir el comportamiento de las mismas en condiciones adversas en el campo, de tal modo que es necesario hacer evaluaciones de calidad de semilla mediante pruebas de vigor,

para predecir de mejor manera su establecimiento en condiciones comerciales (Sánchez *et al.*, 2007).

Germinación de las semillas. En las reglas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 2004) la germinación de las semillas es descrita como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales del embrión de la semilla, para el tipo de semilla en cuestión, que indican la capacidad de producir una planta normal en condiciones favorables. En la mayoría de las especies el proceso de germinación está compuesto de dos fases principales: a) Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por su crecimiento y diferenciación apoyado por la utilización de material de reserva embrionaria. b) Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones, reservas alimentarias extraembrionarias tales como el endospermo. Esta fase continúa hasta que la planta se establece como organismo fotosintético o muere al haber agotado la reserva alimenticia.

Doria (2010) describe a la germinación como el reinicio del crecimiento del embrión, quiescente durante las fases finales de la maduración. Esta comprende tres etapas o fases sucesivas que se superponen parcialmente: a) absorción de agua por imbibición, que causa su hinchamiento y la ruptura de la testa; b) inicio de las actividades enzimáticas y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en

crecimiento del embrión; c) crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula.

Vigor de la semilla. Se define como la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y el comportamiento, en un amplio rango de ambientes, de lotes de semillas de germinación aceptable (ISTA, 2004).

El vigor de la semilla es afectado tempranamente en el proceso de deterioro. Puede ser descrito como la habilidad de la semilla para germinar rápidamente y desarrollar una plántula en una amplia gama de ambientes. Una semilla vigorosa es entonces una que no ha sufrido deterioro significativo, considerando como deterioro la pérdida de algunas de las funciones fisiológicas claves, lo cual finalmente conduce a la pérdida de atributos esenciales para la calidad de las semillas como el vigor y la capacidad germinativa (FAO, 2011).

2.5.3 Latencia de la semilla en tomate de cáscara

La latencia de la semilla de tomate de cáscara (*P. ixocarpa*) se debe un embrión inmaduro que requiere de un periodo corto de almacenamiento para completar su desarrollo y germinación adecuadamente (Marín *et al.*, 2007).

2.6 Investigaciones sobre calidad de semilla de tomate de cáscara

La investigación en tomate de cáscara es escasa, en especial en relación con la calidad de la semilla y su deterioro. El conocimiento detallado de las características morfológicas y fisiológicas de las semillas de esta especie podría ayudar a identificar los factores involucrados en su deterioro. Este aspecto es importante en los programas de mejoramiento genético y de conservación de germoplasma (Pérez *et al.*, 2008a).

En su estudio sobre el efecto de desarrollo y secado de semilla de *P. ixocarpa* sobre germinación, vigor y contenido de azúcares, Pérez *et al.* (2008b) concluyeron que el secado eleva la capacidad germinativa de las semillas, tanto inmaduras como maduras, cualquiera que fuese su etapa de desarrollo. Por lo que es posible realizar la cosecha de las semillas de tomate de cáscara a partir de los 42 días después de floración, y con secado alcanzar una germinabilidad mayor a 90 %.

Al evaluar el deterioro en semillas de tomate de cáscara, Pichardo *et al.* (2010) determinaron que los tratamientos de envejecimiento acelerado no cambiaron la composición de ácidos grasos (heptadecanoico, linoleico, oleico y palmítico) en las semillas, y que el ácido linoleico fue el de mayor concentración en estas, al constituir entre 87 y 93 % del total de ácidos grasos (32.9 - 138.5 mg·g⁻¹). Estos autores atribuyen la pérdida de la calidad fisiológica a la disminución en la respiración.

Sánchez *et al.* (2007) desarrollaron una investigación con el objetivo de identificar la prueba de vigor que presentara mayor asociación con la emergencia en campo. De sus resultados se desprende que las pruebas de laboratorio tuvieron un comportamiento similar entre ellas. Sin embargo, no se pudieron asociar con las pruebas de emergencia en invernadero y campo. Finalmente, las pruebas de agua caliente, cloruro de amonio, hidróxido de sodio y envejecimiento acelerado empleadas por ellos fueron más eficientes para pronosticar la emergencia en campo que la prueba de germinación estándar.

Pérez *et al.* (2008a) en su estudio de indicadores morfológicos y fisiológicos del deterioro de semilla de tomate de cáscara, encontraron que el contenido de humedad de la semilla no varió entre las edades de la semilla almacenada en equilibrio con el ambiente; su valor promedio fue de 5.2 %, considerado bajo.

2.7 Beneficio de semillas

2.7.1 Generalidades

Las nuevas variedades mejoradas de un cultivo no se convierten en un impulso importante de la agricultura sino hasta que las semillas de tales variedades estén disponibles para los agricultores, sean genéticamente puras, viables y no tengan semillas de malezas mezcladas, y existan en cantidades suficientes en la ocasión y el lugar apropiados (Dávila, 1988).

Definición de beneficio. Por beneficio de semillas se entiende el conjunto de operaciones (Figura 2) al que se somete un lote de semillas luego de ser cosechado, con el fin de maximizar la cantidad de semilla pura con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación. Esta actividad también es conocida como acondicionamiento, procesamiento, limpieza o selección de semilla (Dávila, 1988).

Desde hace mucho tiempo se ha reconocido que el beneficio es un paso muy importante en el sistema de cualquier programa organizado de producción de semillas. Como parte integral de un programa de semillas, el beneficio es el paso que se realiza en un complejo agroindustrial especialmente denominado Unidad de Beneficio de Semillas, cuya operación se inicia luego de la cosecha de la semilla y termina con el almacenamiento y distribución de las mismas (Dávila, 1988).

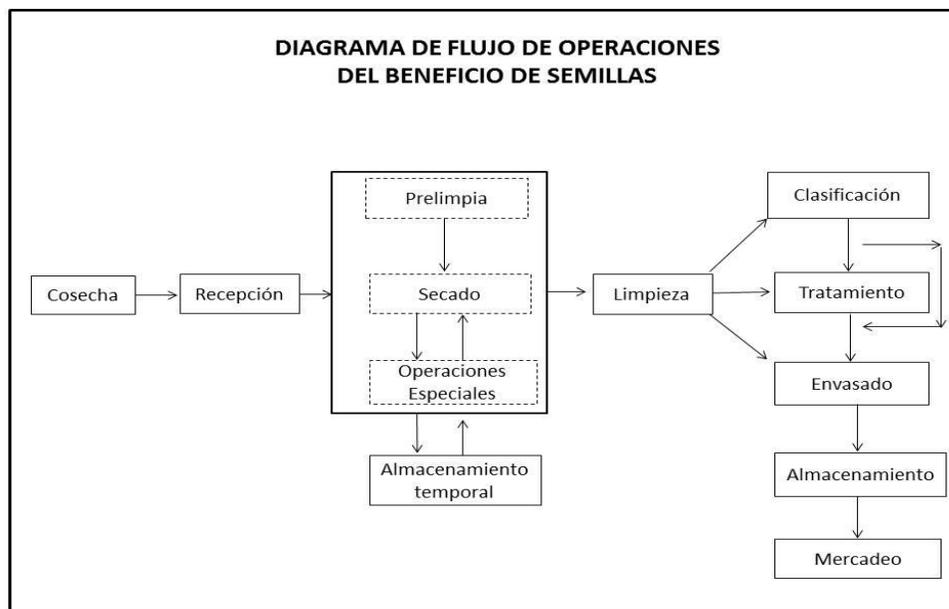


Figura 2. Operaciones fundamentales del beneficio de semillas (Fuente: Dávila, 1998).

Las semillas se procesan para remover humedad, separar las impurezas, eliminar las dañadas o deterioradas, clasificarlas por tamaños para la siembra, y aplicarles las sustancias del tratamiento sanitario. Del manejo eficiente que se le dé a este proceso dependerá la calidad final de la semilla, siendo la herramienta fundamental para el incremento de la producción de cultivos a niveles satisfactorios (Doria, 2010).

El objetivo general del beneficio de semillas es obtener de un lote de semillas cosechado el máximo porcentaje de semilla pura, con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación, a un costo razonable.

2.7.2 Cosecha de frutos carnosos para extracción semillas

En la tecnología para la producción de semillas es de suma importancia realizar la cosecha en el momento más próximo posible de la madurez fisiológica. Se sabe que las semillas, de una manera general, alcanzan la madurez fisiológica con contenidos de agua superiores a 30 %, no compatibles con la tecnología disponible para la cosecha mecánica (Villela y Silva, 1992; Peske y Barros, 1997; Miranda *et al.*, 1999).

En las plantas con frutos carnosos, como el tomate, pimiento y varias especies de cucurbitáceas, cuyas semillas tienden a separarse durante la maduración aunque estén rodeadas por la pulpa del fruto, los frutos se cosechan maduros, pero en algunos casos sobremaduros.

Pérez *et al.* (2012) determinaron que a los 55 días después de la polinización la semilla de tomate de cáscara se puede considerar fisiológicamente madura, edad en la que alcanza una germinación promedio de 70 %, al igual que la semilla de 65 días, y que la semilla puede mantener su capacidad germinativa inicial (70 %) durante por lo menos ocho meses cuando se almacena en condiciones de baja humedad relativa (24 %) o en frío (5 °C).

2.7.3 Proceso de extracción en semilla de tomate de cáscara

El proceso de campo para la producción de semilla de tomate de cáscara fue descrito por Martínez *et al.* (2004).

Cuando se trata de cantidades pequeñas, se abren los frutos sacando de su interior las semillas manualmente. En la cosecha comercial se utilizan máquinas maceradoras de fruto, donde se separa la pulpa y la semilla por fermentación, medios mecánicos o lavándolas a través de cribas. Cuando la extracción está referida a parcelas comerciales para producción de semilla, la molienda debe ser realizada por una máquina de mayor capacidad (despulpadora) donde un tornillo sin fin o una estructura de aspas son los sistemas que permiten el rompimiento de los frutos, generando una mezcla que se envía a tinajas con agua para decantar impurezas y seleccionar la semilla pesada (Martínez *et al.*, 2004).

2.7.4 Proceso de secado en semilla de tomate de cáscara

Baudet *et al.* (1999) sugieren el secado como un proceso fundamental de la tecnología para la producción de semillas de alta calidad, pues permite la reducción del contenido de agua a niveles adecuados para el almacenamiento, preserva las semillas de alteraciones físicas y químicas inducidas por el exceso de humedad, y permite la conservación de la calidad inicial durante el almacenamiento, lo que posibilita cosechas próximas a la madurez fisiológica.

El secado artificial de semillas es utilizado como una operación de rutina en las empresas de semillas. A pesar de las ventajas que tiene, es una operación de riesgo, ya que puede provocar daños irreversibles si es realizada sin los conocimientos y cuidados necesarios para la preservación de la calidad inicial de las semillas (Carvalho, 1994; Miranda *et al.*, 1999).

El secado de semillas es un tema complejo y, en la mayoría de las veces, las instalaciones disponibles son las posibles y no las ideales. En muchos casos, los sistemas de secado son obligados a operar fuera de su régimen normal para que la unidad de beneficio de semillas pueda maximizar su desempeño. Así, se vuelve importante que los operadores tengan consciencia de las condiciones de secado que consiguen proporcionar a las semillas, buscando minimizar las inevitables e irreversibles pérdidas que ocurren a partir del momento que las semillas alcanzan su máxima calidad fisiológica (García *et al.*, 2004).

Debido a que provienen de frutos de pulpa, como los tomates, los melones y los pepinos, las semillas de tomate de cáscara retienen un alto contenido de humedad en el momento de la cosecha y absorben más agua durante el proceso de extracción húmeda. Por consiguiente están demasiado húmedas cuando este finaliza, por lo que George (1983) establece que deben someterse al secado de inmediato.

La evolución de la calidad fisiológica (germinación y vigor) durante el desarrollo de la semilla de tomate de cáscara y su relación con tres tipos de secado de semillas fue estudiada por Pérez *et al.* (2008b). Los resultados del experimento mostraron que el secado elevó la capacidad germinativa de las semillas, tanto inmaduras como maduras, cualquiera que fuese su etapa de desarrollo. Determinaron también que es posible realizar la cosecha de las semillas a partir de los 42 días después de la floración y con el secado alcanzar una germinación mayor al 90 %. Sin embargo, este afectó negativamente su vigor.

2.7.5 Limpieza y clasificación

Casini (2007) usó el término acondicionamiento como sinónimo de limpieza, clasificación y selección (procesado).

De acuerdo al material obtenido del campo, si es necesario, se procede a una limpieza adicional y luego se clasifica la semilla por tamaño, peso y en cierto caso por textura y color. Se utilizan diversos tipos de máquinas, entre las cuales

destaca la de aire y zarandas, y la mesa de gravedad, como los elementos básicos que se necesitan en una planta de semillas. Se deben controlar los movimientos vibratorios para evitar el daño mecánico. La limpieza de los equipos y de la planta es una operación esencial que debe practicarse cada vez que se comienza a clasificar un lote distinto de semillas (Casini, 2007).

La limpieza y clasificación constituyen una etapa muy importante en la producción de semilla y tiene por finalidad eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a los lotes de semilla provenientes de los campos, uniformando y elevando su calidad, independientemente de sus características genéticas. En este proceso se entienden por impurezas no solamente las semillas de malezas o cultivos contaminantes, sino también las semillas anormales del propio cultivo (pequeñas, banas, quebradas, enfermas), así como pajas, restos vegetales, insectos, tierra, arena, etcétera. El beneficio de semillas abarca todos los pasos comprendidos para la preparación y el procesamiento de las semillas cosechadas para su venta; pre acondicionamiento, secado, limpieza, recepción y empaado, así como los diferentes sistemas para llevar acabo cada uno de los procedimientos (Doria, 2010).

2.7.6 Almacenamiento de semillas

Cuando se han finalizado las operaciones para la extracción y el secado de la semilla, es necesario mantenerla en las mejores condiciones, con el fin de asegurar al máximo su poder germinativo y otros parámetros de calidad. Los

problemas asociados a la viabilidad de la semilla antes de la cosecha revisten gran importancia para los productores de semillas, agricultores, agrónomos y horticultores, pero mantener esa viabilidad durante el almacenamiento por periodos relativamente largos, de uno a dos años, concierne más a los productores de semillas. Sin embargo, cuando son periodos mayores y con materiales de alto interés y valor genético, son de relevante importancia para los fitomejoradores. En este contexto, el objetivo primordial del almacenamiento es mantener las semillas viables en buenas condiciones física y fisiológica, desde su cosecha hasta la próxima siembra, para lograr una germinación satisfactoria y posteriormente emergencia (Doria, 2010).

En tomate de cáscara como en muchas otras especies, es común observar que la semilla almacenada pierda rápidamente la viabilidad con temperaturas de almacenamiento superiores a 30 °C, condición que ocurre frecuentemente en bodegas de campos agrícolas (Pérez *et al.*, 2012).

2.8 Características de las variedades de tomate de cáscara en estudio

Manzano Tepetlixpa. Es un material de frutos dulces y de color amarillo que se distribuye principalmente en el Estado de México y Morelos (Cuautla). Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) es TOM-003-170908. Es una planta precoz, de porte erecto, con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes, con tres lóculos,

amarillos y de firmeza media, con cobertura del cáliz completamente cerrada y acostillada. Presenta semillas medianas de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2015).

Tecoautla 04. Presenta una pulpa de color verde, frutos muy grandes con semilla amarillo pardo y con vida de anaquel intermedia. Se distribuye principalmente en la región de Valles Altos, El Bajío y el Noroeste del país. Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el SNICS es TOM-010-170908. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas de color verde y flores grandes; sus frutos son muy grandes con tres lóculos, de color verde, fuerte adherencia del cáliz al fruto y cobertura abierta y acostillada (Sánchez y Peña, 2015).

Diamante. Esta variedad se obtuvo a partir de un híbrido entre las variedades CHF1 Chapingo y Puebla SM3. Presenta una vida corta de anaquel con frutos de color verde, tamaño grande y precoz. Se adapta a las condiciones climáticas de la región Valles Altos. Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el SNICS es TOM-002-170908. Es una planta precoz de porte semierecto con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes con tres lóculos, verdes y de firmeza media con cobertura del cáliz completamente cerrada. Presenta semillas grandes de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2015).

Gema. Es una variedad sintética obtenida por selección que está en proceso de descripción para su registro ante el SNICS. Es de frutos muy grandes, verdes y de larga vida de anaquel.¹

¹ Comunicación personal. Dr. Aureliano Peña Lomelí. 2015. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, área de Genética. Chapingo, Estado de México.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el periodo de agosto de 2013 a abril 2014. La fase de extracción y beneficio de los lotes de semilla se realizó en el área del almacén de semillas de tomate de cáscara que se encuentra en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. Las pruebas de calidad de los lotes de semillas se llevaron a cabo en los Laboratorios de Ecología y de Análisis de Semillas del Departamento de Enseñanza e Investigación en Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en la Carretera México-Texcoco Km 38.5, en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas geográficas 19°30' LN y 98°59' LW y a una altitud de 2,250 metros sobre el nivel del mar.

El manejo del cultivo fue el descrito por Martínez *et al.* (2004) para la producción de semilla de tomate de cáscara. Se trasplantó a campo abierto en la primera semana de abril de 2013, a una densidad de 30,000 plantas·ha⁻¹. La cosecha de frutos se realizó en la segunda semana de junio y la extracción de la semilla se hizo inmediatamente después de la cosecha.

3.2 Factores de estudio

Se estudiaron tres factores. El primero fue máquinas extractoras de semilla de tomate de cáscara con dos niveles: una despulpadora de molino fija, accionada por un motor eléctrico (M1 “Eléctrica”), y una despulpadora móvil de molino y tambor, accionada con toma de fuerza de un tractor (M2 “Despulpadora”).

El segundo factor fue variedad, al que correspondieron cuatro poblaciones de tomate de cáscara (Diamante, Tecozautla 04, Gema y Manzano Tepetlixpa) cultivadas en el ciclo primavera-verano 2013. Las variedades Diamante, Tecozautla 04 y Gema fueron producidas en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, y la variedad Manzano Tepetlixpa en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

El tercer factor de estudio fue tiempo de almacenamiento de las semillas (cero, tres y seis meses después de clasificada). El almacenamiento de la semilla fue en el laboratorio de semillas del Departamento de Fitotecnia de la UACH a temperatura ambiente.

En la pruebas de vigor se estudiaron los factores máquina, variedad y tamaño de semilla, en el que se estudió el efecto de tres tamaños: chico, estándar y grande.

3.3 Diseño de Tratamientos

3.3.1 Proceso de extracción de la semilla

Con la finalidad de determinar algunos parámetros del proceso de extracción y de calidad física de la semilla, se implementó un diseño de tratamientos factorial completo dos por cuatro, producto de las combinaciones de las dos máquinas extractoras y las cuatro variedades, lo cual generó ocho tratamientos. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, resultando 32 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue de 1,000 kg de fruto procesado.

Tiempo de extracción de semilla. Con la finalidad de establecer los tiempos del proceso de extracción de cada una de las máquinas extractoras con las cuatro variedades en estudio, se cuantificaron los tiempos totales de proceso (TTP).

Rendimiento de semilla. Se determinaron los rendimientos de semilla entre variedades, cuantificando el peso de semilla húmeda (PSH), peso de semilla seca sin beneficio (PSSB) y pesos de semilla seca clasificada por tamaños chico, estándar y grande (PSSBC1, PSSBC2 y PSSBC3).

Humedad de semilla. Se determinó el porcentaje de humedad en tres fases del proceso. Las variables en estudio fueron humedad después del despulpado

(HDD), humedad después de centrifugado (HDC) y humedad después de secado (HDS).

3.3.2 Calidad fisiológica de la semilla

El diseño de tratamientos utilizado fue un factorial completo, producto de las combinaciones de las dos máquinas con las cuatro variedades y los tres tamaños de clasificación de la semilla, por lo que se generaron 24 tratamientos. El diseño experimental fue un completamente al azar con cuatro repeticiones, resultando 96 unidades experimentales.

Calidad de semilla. Para determinar la calidad de los lotes de semillas se cuantificó el porcentaje de germinación de la semilla como se menciona:

- Germinación de semilla después de despulpado (GDD).
- Germinación de semilla después de Centrifugado (GDC).
- Germinación de semilla después del secado sin clasificar (GDSSB).
- Germinación de semilla después de secado y clasificado en tamaños chico (GDSCBC1), estándar (GDSCBC2) y grande (GDSCBC3).

Se evaluaron los lotes de semilla clasificada a través del tiempo de almacenamiento. Se midió el porcentaje de germinación en octubre del 2013, enero del 2014 y abril de 2014 para los tamaños de semilla chica, estándar y grande, de las cuatro variedades.

3.4 Evaluación de tratamientos

Con el propósito de determinar el efecto de tratamientos, las evaluaciones se realizaron en tres etapas.

La primera de ellas fue cuantificar la eficiencia de extracción de las máquinas a través de los tiempos totales de proceso. La segunda fue evaluar las características físicas de las semillas al momento de la extracción, después de un centrifugado y al final del proceso de secado. En la tercera etapa, la calidad fisiológica fue evaluada por medio de las pruebas de germinación y de vigor para tres tamaños de clasificación de semilla y tres fechas de almacenamiento.

3.4.1 Tiempos totales de extracción de semillas por máquina (TTP)

Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica 60 días después de la floración (Pérez *et al.*, 2012). El pesado de las unidades experimentales se realizó con una báscula Torrey® de capacidad para 500 kg. Para no mezclar las variedades cada unidad experimental se separó entre sí, procurando procesar cada día una variedad y sus repeticiones de máquina, para no contaminar los lotes de cada variedad. Previo a iniciar el proceso de extracción de cada variedad con cada máquina, se lavaron minuciosamente los equipos y el área de proceso, con la finalidad de evitar puntos de contaminación entre variedades.

En cada proceso de extracción de semilla de cada variedad y la máquina correspondiente, en cada unidad experimental se determinaron los tiempos de proceso total de extracción, desde que se inicia la molienda del fruto hasta que se obtuvo el total de semilla del tratamiento. El tiempo total de proceso incluyó el tiempo de molienda, el tiempo de cepillado, el tiempo de decantado y el tiempo de cribado en el tren de lavado (Martínez *et al.*, 2004).

3.4.2 Características físicas de las semillas

Se cuantificaron el porcentaje de humedad de las semillas en tres momentos del proceso de beneficio: al momento de la extracción de la semilla, en un proceso de centrifugado de la semilla y al final del proceso de secado.

Contenido de humedad de semilla despulpada (HDD). De las semillas húmedas recién extraídas de cada unidad experimental, se tomó una muestra de 15 g por tratamiento que se resguardó en cajas Petri de plástico. Esta muestra de campo se llevó a análisis en laboratorio, donde se pesó una sub muestra de 5 g en una balanza analítica Oahus Pioneer (Oahus Corp, USA). Estas fueron colocadas en cajas Petri de vidrio e introducidas en una estufa de secado Stabletemp 52120-02 (Cole Parmer Instrument Company, IL. USA) a 72 °C durante 72 horas (Pérez *et al.*, 2012). Posteriormente, se les cuantificó la masa final y se calculó el porcentaje de humedad inicial empleando la fórmula de Bewley y Black (1994).

Contenido de humedad de la semilla después de un proceso de centrifugado (HDC). Después del despulpado, la semilla pasó a un proceso de centrifugado para eliminar exceso de agua. En esta fase se tomó una muestra de 15 g por tratamiento y se le determinó el contenido de humedad empleando el mismo procedimiento y equipo que en la cuantificación del contenido de humedad de semilla despulpada húmeda.

Contenido de humedad de la semilla seca (HDS). Se tomó una muestra de 15 g de semilla seca por tratamiento y se les determinó el contenido final de humedad, empleando el mismo procedimiento y equipo que en las cuantificaciones anteriores.

3.4.3 Rendimiento de semilla extraída por variedad

Se midieron los rendimientos de semilla de cada variedad en tres fases del proceso de beneficiado: al momento de la extracción, después del secado al ambiente y después del clasificado.

Peso de semilla después del despulpado (PSH). La cantidad de semilla extraída de cada variedad (Diamante, Tecozautla 04, Gema, Manzano Tepetlixpa) con cada máquina (M1 “Eléctrica” o M2 “Despulpadora”), fue colectada en cajas de plástico (25 kg) y se pesaron en una báscula digital marca Torrey®, registrando los pesos de semilla húmeda (PSH). En este punto la semilla que se colectó lleva un exceso de agua del lavado, además de

contener algunos restos de impurezas menores (tierra, pulpa, etc.). El registro de los pesos por unidad experimental corresponde a 1,000 kg de fruto procesado. Posteriormente esta semilla fue llevada al área de secado al ambiente.

Peso de semilla seca sin clasificar (PSSSB). Cada lote de semillas por unidad experimental se colocó en cubetas de plástico (19 kg). Los lotes de semillas fueron pesados por tratamiento y repeticiones con una báscula marca Torrey®, y se registraron los pesos de las semillas secas. En este punto las semillas contenían aún impurezas menores y grumos de semillas aglomerados. El proceso de secado de semilla fue al sol a temperatura ambiente.

Peso de semilla seca clasificada (PSSB). La semilla seca se sometió a un proceso de clasificado por tamaño con una máquina de aire y zarandas tipo SEEDBURO modelo LA-LS/B, con una capacidad de tolva de 5 kg por proceso. Previo al proceso de clasificado se eliminaron manualmente los grumos de semilla seca; posteriormente, con un harnero de malla de dimensiones de 60 cm de largo y 45 cm de ancho, se eliminaron las impurezas mayores (restos de tallos, hojas y cáscaras del fruto).

La semilla fue beneficiada en la máquina clasificadora de aire y zarandas. Para obtener el tamaño chico C1 (1.5 mm), estándar C2 (2 mm) y grande C3 (3 mm) se usaron cribas de 1.5, 2.0 y 3.0 mm, respectivamente. En esta operación fueron separadas las impurezas menores, como tierra, y mayores como basura,

además de que se eliminó la semilla vana. Se cuantificaron los pesos de semilla chica, estándar, grande, vana y de impurezas por unidad experimental. Cada lote de separación fue colocado en un recipiente diferente. Concluida esta primera etapa se realizó un segundo filtrado del total de la semilla clasificada como estándar, con la misma máquina y el mismo proceso de la primera etapa. Al inicio y fin de cada proceso del lote de semillas por variedad, fueron limpiados minuciosamente la máquina, los tamices, el filtro de la máquina, el área de trabajo y los implementos menores, para evitar contaminaciones y mezclas de semilla entre variedades. Para esta operación se utilizó un compresor de aire marca Gani, modelo Q40 con tanque de 241 lb y motor de 2.5 HP.

Se registraron los pesos totales de semilla clasificada por tamaños chico (C1), estándar (C2) y grande (C3). El pesado fue con una báscula digital marca Torrey® de capacidad para 15 kg. Cada lote de semilla por tamaño fue rotulado y almacenado en bolsas de plástico según correspondía a su tratamiento. Sólo el tamaño estándar, por ser la mayor cantidad de semilla, fue colocado en cubetas de plástico (19 kg). La semilla se mantuvo almacenada a temperatura ambiente en el almacén de semillas del Programa de Mejoramiento Genético de tomate de cáscara de la UACH.

3.4.4 Calidad fisiológica de las semillas

Pruebas de germinación. Se evaluó la calidad fisiológica de las semillas de todos los tratamientos mediante pruebas de germinación estándar. Para esta prueba cada unidad experimental fue colocada en una cámara germinadora Seedburo D-7140 (Seedburo Equipment Company, USA.) a 30 ± 1 °C y 90 % de humedad relativa, condiciones propuestas por Martínez *et al.* (2006) y Morales y Tena (2008). La prueba se hizo en oscuridad por 21 días según las normas del ISTA (2004).

Para las pruebas de germinación estándar la unidad experimental consistió en una caja Petri plástica transparente de 95 mm de diámetro por 10 mm de profundidad, con 100 semillas uniformemente distribuidas sobre papel filtro de poro mediano humedecido con cinco mL de agua destilada. Se aplicaron los riegos necesarios con agua destilada.

Se evaluó el porcentaje de germinación (PG) al finalizar la prueba de germinación estándar, con base en el número de semillas germinadas en relación con el total. Se realizaron conteos en la primera (G1), segunda (G2), y tercera semana (G3) y el total de la prueba (GT), que fue la suma de las tres semanas.

Pruebas de vigor. Se trabajó de acuerdo a las normas del ISTA (2004). Las unidades experimentales fueron colocadas en una cámara germinadora

Precision 818 (Thermo Scientific, USA) a 30 ± 1 °C, condición propuesta por Martínez *et al.* (2006) y Morales y Tena (2008). Las cajas se mantuvieron iluminadas las 24 horas, durante los 14 días que duró la prueba. Los riegos se aplicaron diariamente con agua destilada y se realizaron conteos de plántulas germinadas cada 48 horas, hasta el final de la prueba.

Para las pruebas de vigor, cada unidad experimental consistió en una caja Petri plástica de 95 mm de diámetro por 10 mm de profundidad, con 50 semillas distribuidas uniformemente sobre papel filtro de poro mediano humedecido con cinco mL de agua destilada.

Durante la prueba de vigor se obtuvo el Índice de velocidad de germinación (IVG) a partir de conteos de semillas germinadas realizados cada 48 horas, consideradas a la emergencia de la radícula. Se calculó de acuerdo con la propuesta de Maguire (1962):

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{X_i - X_{i-1}}{n_i}$$

Donde:

IVG = Índice de velocidad de germinación.

n= Número de conteos.

X_i =Número de semillas germinadas en el i-ésimo conteo.

X_{i-1} =Número de semillas germinadas en conteo i-1.

n_i =Número de días transcurridos desde la siembra hasta el i-ésimo conteo.

Al término de la prueba de vigor, a partir de una muestra aleatoria de 10 plántulas por unidad experimental, se les midió la longitud desde la punta de la raíz primaria hasta la punta de las hojas cotiledonares y se obtuvo la Longitud promedio de plántula (LP) en centímetros.

Las mismas plantas evaluadas en la variable anterior fueron secadas hasta peso constante durante 72 h a 72 °C en una estufa Wisconsin Memmert (Wisconsin Oven Distributors Inc., USA). Posteriormente se pesaron en una balanza analítica Ohaus Pioneer (Ohaus Corp, USA) y se obtuvo el Peso promedio de plántulas secas (PS) en miligramos.

3.5 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza de las variables evaluadas de acuerdo al diseño de tratamientos factorial correspondiente y al diseño experimental completamente al azar. Se usó el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc., USA).

Posteriormente se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($p = 0.05$) para los factores y variables donde hubo significancia. Las interacciones significativas se graficaron y se hicieron comparaciones de medias de niveles de un factor para cada nivel del otro factor de la interacción.

En el análisis de las variables de peso, contenido de humedad y germinación de la semilla antes del clasificado, así como para el peso de semilla clasificada y el tiempo total de proceso de la extracción de la semilla en el experimento de evaluación los factores máquina y variedad, se utilizó el modelo lineal de análisis de varianza factorial completo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta obtenida en la k-ésima repetición de la i-ésima máquina de extracción, de la j-ésima variedad.

μ = Efecto medio general.

A_i = Efecto atribuido a i-ésimo nivel del factor máquina.

B_j = Efecto atribuido a j-ésimo nivel del factor variedad.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina y el j-ésimo nivel del factor variedad.

e_{ijk} = Error aleatorio.

Las variables de germinación de los tamaños (chico, estándar y grande) de semilla clasificada y almacenada durante seis meses en el experimento donde se evaluaron máquinas, variedades y tiempos de almacenamiento, se analizaron mediante el modelo lineal de análisis de varianza factorial completo siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta obtenida en la l-ésima repetición de la i-ésima máquina, de la j-ésima variedad, del k-ésimo tiempo de almacenamiento de semilla.

μ = Efecto medio general.

A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel del factor máquina.

B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel del factor variedad.

C_k = Efecto atribuido al k-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento de semilla.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina y el j-ésimo nivel del factor variedad.

$(AC)_{ik}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina y el k-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento de semilla.

$(BC)_{jk}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento de la semilla.

$(ABC)_{ijk}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina, el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento de semilla.

e_{ijkl} = Error aleatorio.

Para evaluar las variables de vigor de la semilla clasificada y almacenada durante seis meses, en el experimento donde se evaluaron los factores máquina, variedad y tamaño de semilla, se empleó el modelo lineal de análisis de varianza factorial completo siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta obtenida en la l-ésima repetición de la i-ésima máquina, de la j-ésima variedad, del k-ésimo tamaño de semilla.

μ = Efecto medio general.

A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel del factor máquina.

B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel del factor variedad.

C_k = Efecto atribuido al k-ésimo nivel del factor tamaño de semilla.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina y el j-ésimo nivel del factor variedad.

$(AC)_{ik}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina y el k-ésimo nivel del factor tamaño de semilla.

$(BC)_{jk}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor tamaño de semilla.

$(ABC)_{ijk}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor máquina, el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor tamaño de semilla.

e_{ijkl} = Error aleatorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Proceso de beneficio de semilla en la Universidad Autónoma

Chapingo

Producto de la presente investigación, se establece el diagrama de bloques (Figura 3) y descripción de cada operación unitaria, que sigue el proceso de beneficio de semilla de tomate de cáscara en la Universidad Autónoma Chapingo, usando una máquina despulpadora para extraer la semilla.

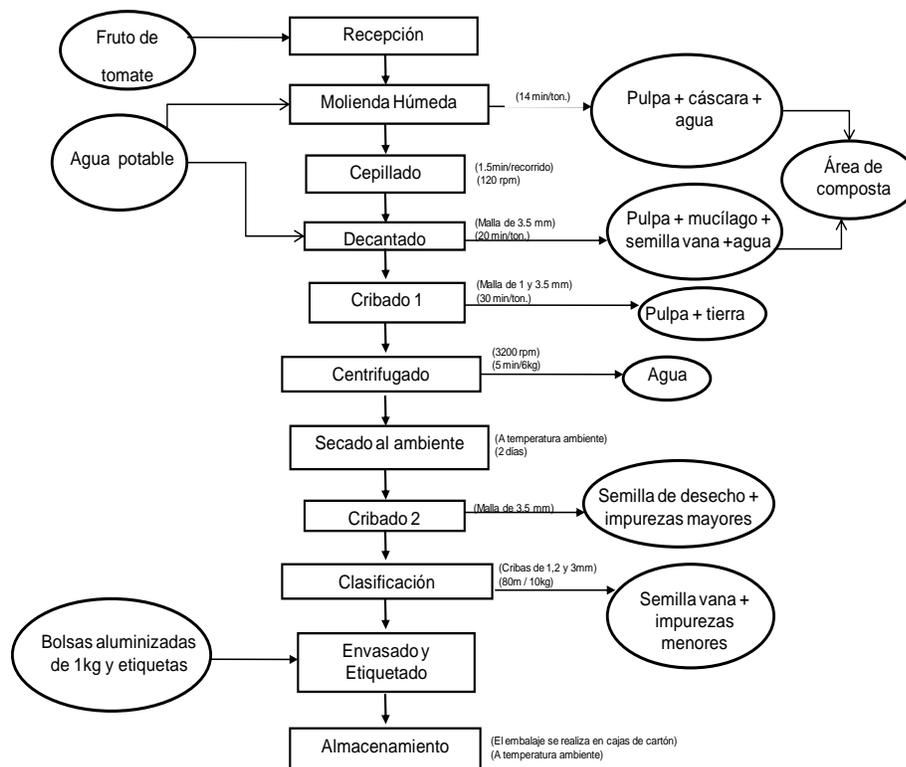


Figura 3. Diagrama de flujo del Beneficio de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en la Universidad Autónoma Chapingo, utilizando una máquina despulpadora.

4.1.1 Descripción de las operaciones unitarias del diagrama de bloques

Cosecha del fruto de tomate de cáscara. Cuando el fruto ha alcanzado la madurez en el campo, a los 65 días después de floración se cosecha y es llevado a la planta de proceso para extraer la semilla y conservar su calidad, debido a que en este momento la semilla se ha desarrollado por completo y ha logrado su máximo peso.

Recepción de materia prima. El lugar donde se recibe el fruto de tomate está limpio de cualquier fruto o semilla que pudiera contaminar el lote. La fruta que se recibe generalmente llega en arpillas de plástico de 30 kg. Todo el lote es de la misma variedad y los frutos están fisiológicamente maduros. Pueden dejarse al ambiente unos días o molerse al momento del corte (siempre que se garantice la madures fisiológica). Los lotes de frutos son pesados para tener un control del rendimiento de semilla por tonelada de fruto procesado.

Molienda húmeda de la semilla. La molienda puede ser realizada con una máquina despulpadora de molino fija, accionada por un motor eléctrico (M1 “Eléctrica”) o una despulpadora móvil de molino y tambor, accionada con la toma de fuerza de un tractor (M2 “Despulpadora”), donde un tornillo sin fin o una estructura de aspas rompen los frutos.

Para la molienda en la máquina eléctrica se utiliza un flujo de agua constante ubicado en la alimentación del molino, que permite el flujo de la mezcla

triturada. Esta máquina tiene un sistema de calibración manual para moderar la salida de la mezcla y con ello incidir en la velocidad de molienda. Este sistema evita que queden frutos sin triturar y previene atascos en el flujo. La mezcla triturada (semilla, cáscara, mucílago, agua e impurezas) inmediatamente pasa a la máquina de cepillos.

Cuando se utiliza la máquina despulpadora el jugo del tomate triturado se utiliza en la misma molienda. Esta máquina tiene integrado un tambor giratorio de malla circular después del molino de aspas, el cual separa automáticamente la cáscara de la pulpa y las semillas. Estas últimas son colectadas en la parte inferior de la máquina y bombeadas a través de un sistema de succión. La mezcla de pulpa y semilla recorre un trayecto de 5 m en un tubo de PVC de 4" que desemboca en la máquina de cepillos. Durante el recorrido de la mezcla se mantiene un flujo de agua constante para evitar atascos.

La alimentación del fruto en ambas máquinas es manual. Los tiempos de molienda por tonelada de fruto procesado son de 13 y 14 minutos con la máquina despulpadora y eléctrica, respectivamente.

Cepillado de la semilla. Con la finalidad de separar el mucílago de la semilla y facilitar el decantado, se utiliza una máquina cepilladora hecha en la UACH y adaptada al proceso. Tiene un sistema de cepillos en ejes verticales encontrados, adaptados a un rotor de poleas accionadas con fuerza de motor conectado a la corriente eléctrica, el cual genera un efecto abrasivo que separa

el mucílago de la semilla. Los cepillos son de escobas de plástico para evitar el daño mecánico. El tiempo de recorrido en esta operación es de uno a dos minutos en ambas máquinas despulpadoras (M1 y M2).

Decantado de la semilla. Se realiza en un tren de lavado de siete tinas de, cada una 2.45 m de largo, 47 cm de ancho y 40 cm de alto. Cada tina tiene una compuerta de ajuste manual. La pulpa cae en la primera y segunda tinas, las cuales tienen adaptado un agitador de flujo constante de agua que por movimiento hacen flotar las semillas vanas, pulpa y cáscara. Este sistema permite que por diferencia de pesos la semilla más pesada quede colectada al fondo de la tina, y la más ligera flote. Esta se puede eliminar manualmente o mediante el flujo de agua que desemboca al drenaje.

Cuando se utiliza la máquina eléctrica (M1) para el proceso de molienda, la mezcla que llega al proceso de decantado es más densa y aun lleva consigo cáscara y partes carnosas del fruto triturado. Estas son eliminada manualmente usando canastillas de plástico de orificios medianos que facilitan su remoción. Cuando se utiliza la máquina despulpadora (M2), la cáscara es retirada desde la molienda por el tambor giratorio, lo que facilita el proceso de decantación de la semilla. La eliminación de pulpa, semilla vana e impurezas mayores para esta máquina se realiza manualmente con harneros de malla metálica de 3.5 mm.

El proceso de decantación por tonelada de fruto procesado tarda 20 minutos cuando se utiliza la máquina despulpadora, y 30 minutos cuando se utiliza la máquina eléctrica.

Primer cribado de la semilla. Esta operación elimina impurezas de la semilla que se decantó en cada tina y permite coleccionar la cantidad total de semilla procesada, que por el peso corresponde a la de mejor calidad hasta este punto. Se utiliza la apertura y cierre manual de compuertas para hacer fluir el agua con impurezas y poder filtrar la mayor cantidad posible con un juego de mallas de 1 y 3.5 mm, que se sobreponen para que la primera colecciona impurezas mayores y la segunda retenga la semilla y tierra. La semilla inmediatamente es lavada en una caja de plástico de capacidad de 20 L, con la finalidad de filtrar la mayor cantidad de tierra y coleccionar la semilla lo más limpia posible. El proceso se realiza con flujo constante de agua.

Los tiempos de proceso de esta operación pueden ser de hasta 30 minutos cuando se utiliza la máquina despulpadora o 60 minutos cuando se usa la máquina eléctrica. La cantidad de semilla varía dependiendo de la variedad. El porcentaje de humedad de la semilla en este punto es de 50 %, aproximadamente.

Centrifugado de la semilla. Con la finalidad de eliminar excedentes de agua antes del secado, los lotes de semilla son sometidos a un proceso de centrifugado en una máquina Blue Point® a 3200 rpm. La capacidad máxima es

de 6 kg por proceso con un tiempo de duración de dos minutos por centrifugado. El proceso de centrifugado reduce hasta dos días el proceso de secado al ambiente. La humedad de la semilla después del centrifugado es de 40 %, aproximadamente.

Secado de la semilla al ambiente. Cuando las condiciones lo permiten, el secado de la semilla se realiza al ambiente. Se coloca la semilla centrifugada en bastidores metálicos de medidas de 1.9 m de largo y 1.3 m de ancho. La capacidad de los bastidores es de máximo 10 kg de semilla, distribuida uniformemente en una lámina de 1 cm de espesor. Esta operación puede ser manual o con ayuda de un rastrillo metálico. Los bastidores deben quedar a una altura 50 cm sobre el piso, para garantizar la circulación de aire. El secado de la semilla tarda aproximadamente dos días y la humedad final de la semilla es de 6 a 7 %, aproximadamente.

Segundo cribado de semilla. Esta operación permite eliminar la mayor cantidad de impurezas mayores (paja, palos, piedras, larvas, etc.) del total de semilla. Se hace a través de una criba de bastidor de madera y malla metálica de 4 mm de apertura. El proceso es manual y la semilla pre-limpia se colecta en una caja de plástico de 20 kg. En esta operación se realiza también una desintegración de grumos de semilla.

Clasificado por tamaños de semilla. Esta operación consiste en separar la semilla de acuerdo a su tamaño (semilla chica, mediana y grande). Una

clasificación correcta mejora notablemente la presentación de la semilla, debido a la uniformidad del producto.

Para la clasificación de la semilla de tomate de cáscara se usa una máquina de aire y zarandas tipo SEEDBURO® modelo LA-LS/B, con un motor de 1 HP, la cual dispone de cuatro cribas redondas (una fija de 4 mm y tres que se intercalan de acuerdo al tamaño de semilla que se depura), un ventilador de flujo de aire de velocidad variable que aplica una corriente de aire para separar la semilla vana por diferencia de pesos. La tolva de alimentación tiene una capacidad máxima de 5 kg, cuenta con un acceso de alimentación de calibración manual.

El juego de cribas tiene un sistema de vaivén accionado por un motor de 0.25 HP, el cual tiene la función de generar vibraciones para la separación de la semilla. El juego de cribas tiene en la parte inferior un bastidor de malla metálica que tiene confinadas 48 esferas de hule de 20 mm de diámetro, las cuales golpean constantemente la parte inferior de la criba para desincrustar la semilla y otras impurezas que se alojan en los orificios de las mismas. Es importante mantener bien limpios los orificios de las cribas para garantizar un trabajo de calidad.

La alimentación de la semilla se puede variar a juicio del operador, dependiendo de las condiciones de cada lote y de acuerdo a la calidad que tenga la semilla. El proceso de clasificación se divide en dos pasos: el primero que procesa el

total del lote de semillas, del cual se obtienen los tamaños chico, estándar y grande; el segundo consiste en procesar nuevamente el total de semilla de cada tamaño con la finalidad de eliminar de este las semillas de tamaño diferente no separado en un primer paso y eliminar la semilla vana remanente. Con ello se obtiene mayor homogeneidad en cada tamaño de clasificación. El tiempo de proceso varía de 70 a 90 minutos por cada 10 kg de semilla procesada.

Los ajustes que se pueden realizar en esta máquina son los siguientes: flujo de alimentación, velocidad de vibración, velocidad del ventilador inferior (flujo de aire) y tamaño de perforación en las cribas.

Se dispone de cuatro cribas intercambiables, criba 1 (1 mm), criba 2 (1.5 mm), criba 3 (2 mm) y criba 4 (3 mm), las cuales generan los tres tamaños de clasificación de semilla de tomate de cáscara. La semilla de tamaño grande es la que queda encima de la criba de 3 mm, la de tamaño estándar es la que pasa la criba de 3 mm pero no la de 2 mm, y la de tamaño chico es la que pasa la criba de 2 mm pero no la de 1.5 mm. La criba de 1 mm filtra el polvo que lleva el lote de semilla chica. Las cribas 2, 3 y 4 son utilizadas en el primer paso de cribado y en el segundo paso se utilizan una combinación diferente de cribas, según el tamaño de semilla que se quiera depurar: las cribas 2 y 3 para el tamaño grande; las cribas 2, 3 y 4 para el tamaño estándar; las cribas 1, 2 y 3 para el tamaño chico.

Posterior a esta operación unitaria, la semilla tendría que pasar a un tratamiento que generalmente es químico (Salinas, 2000). El tratamiento de semillas es una operación generalizada en los programas de producción de semilla, que consiste en impregnar la semilla con un insecticida y un fungicida para protegerla del ataque de plagas de almacén y enfermedades causadas por hongos al momento de la siembra y durante las primeras etapas de crecimiento de la plántula. Sin embargo, la semilla de tomate de cáscara beneficiada en la Universidad Autónoma Chapingo no lleva algún tratamiento de este tipo.

Envasado y etiquetado de la semilla. El producto terminado se envasa en bolsas aluminizadas, en presentaciones que contienen 100,000 semillas o 1,000 g de semilla. El pesado, envasado y etiquetado es manual. Las bolsas están identificadas por variedad, pureza, peso y porcentaje de germinación con una etiqueta adherente que contiene estos datos en una tabla. La etiqueta de identificación puede contener una pequeña descripción de la variedad. Cada bolsa es sellada con calor.

Almacenamiento. Las bolsas se empaquetan en cajas de cartón (10 bolsas de 1 kg o 50 bolsas de 100,000 semillas) de dimensiones de 35 cm de largo, 23 cm de ancho y 26 cm de profundidad. La estiva de cajas no debe ser mayor a cinco. Las cajas son almacenadas a temperatura ambiente, en una bodega de 4 m de largo por 3 m de ancho y 3 m de alto.

4.2 Beneficio, rendimiento y calidad de semilla

Los resultados fueron analizados por bloques de variables, de la siguiente manera: características físicas y rendimiento de semilla (PSH, PSSSB, PSSBC1, PSSBC2, PSSBC3), características físicas de humedad de la semilla (HDD, HDS, HDC), tiempos totales de proceso de extracción de semilla entre máquinas (TTP), y características fisiológicas mediante pruebas de germinación de la semilla (GDD, GDS, GDC, GDSCB1, GDSCBC2, GDSCBC3). Todas características que indican calidad de la semilla en estudio.

4.2.1 Análisis de varianza de características físicas y fisiológicas

Los resultados del análisis de varianza para dos factores de estudio (Cuadro 1) muestran que para las variables de rendimiento de semilla (medidas como peso de semilla) solo se observó efecto significativo del factor máquina sobre PSSBC2 y PSSBC3, mientras que el factor variedad muestra significancia en todas las variables de peso. La interacción máquina x variedad mostró significancia estadística en las variables PSH, PSSSB y PSSBC3.

Para las tres variables de porcentaje de humedad (HDD, HDC y HDS) de la semilla los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) muestran significancia sólo para el factor variedad.

Cuadro 1. Análisis de varianza de 12 variables de calidad física y fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción de la semilla.

FV	GL	PSH	PSSSB	PSSBC1	PSSBC2	PSSBC3
Maq	1	0.06 NS	0.63 NS	133257 NS	1803101 *	2521 *
Var	3	28.51 **	13.14 **	10940029 **	33527889 **	1731 *
Maq*Var	3	6.50 *	1.87 *	126433 NS	325603 NS	1822 *
Error	24	1.65	0.43	77782	327657	453
Total	31					
CV (%)		5.45	6.91	14.09	10.19	24.34
		HDD	HDS	GDD	GDS	TTP
Maq	1	4.27 NS	0.39 NS	6.13 NS	50.00 NS	15317.31 **
Var	3	331.16 **	10.03 **	432.75 *	249.58 **	237.66 *
Maq*Var	3	7.45 NS	0.07 NS	76.88 NS	107.75 NS	229.84 *
Error	24	6.08	0.10	123.85	51.23	74.30
Total	31					
CV (%)		4.65	5.13	31.24	19.15	10.30
		HDC	GDC			
Maq	1	0.75 NS	28.17 NS			
Var	2	212.14 **	82.29 NS			
Maq*Var	2	4.40 NS	11.29 NS			
Error	18	1.75	96.14			
Total	23					
CV (%)		3.21	30.56			

*, **; Significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente; F.V.: Factor de variación; Maq: Máquina; Var: Variedad; GL: Grados de libertad; (PSH): peso de semilla húmeda peso; (PSSSB): Peso de semilla seca sin beneficiar; (PSSBC1): Peso de semilla seca beneficiada tamaño chico; (PSSBC2): Peso de semilla seca beneficiada tamaño estándar; (PSSBC3): Peso de semilla seca beneficiada tamaño grande; (HDD): Humedad después del despulpado; (HDS): Humedad después de secado; (GDD): Germinación después de despulpado; (GDS): Germinación después del secado; (TTP): Tiempo total de proceso; (HDC): Humedad después de centrifugado; (GDC): Germinación después de Centrifugado.

Para la variable de TTP, los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) muestran significancia para los factores máquina y variedad, además de su interacción.

Para las variables de germinación de la semilla en tres puntos del proceso de beneficio de semilla (antes de ser clasificada por tamaños), los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) muestran significancia sólo para el factor variedad en las variables GDD y GDS. Los coeficientes de variación (CV) de las 12 variables del Cuadro 1 evaluadas durante el proceso de beneficio de la semilla indican que los resultados son confiables, excepto para GDD y GDC. Los valores de CV para estas dos variables se deben a la heterogeneidad del material, ya que corresponden a semillas que no han pasado por el proceso de limpieza y clasificación.

Los resultados del análisis de varianza para tres factores de estudio (Cuadro 2) muestran significancia estadística de los factores máquina, variedad y su interacción sólo para la variable GDSCBC2. El factor almacenamiento sólo mostró significancia estadística en la variable GDSCBC3. Los coeficientes de variación (CV) de las tres variables evaluadas durante el almacenamiento de la semilla indican que los resultados son confiables.

Cuadro 2. Análisis de varianza de tres variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción.

FV	GDSCBC1			GDSCBC2			GDSCBC3		
	GL			GL					
Maq	1	41.37	NS	1	94.01	*	0.67	NS	
Var	3	96.62	NS	3	75.93	*	50.90	NS	
Almacen	2	134.91	NS	2	9.41	NS	198.01	*	
Maq*Var	3	8.43	NS	3	78.04	**	66.75	NS	
Maq*Almacen	2	60.97	NS	2	10.39	NS	14.76	NS	
Var*Almacen	6	78.98	NS	6	26.28	NS	76.04	NS	
Maq*Var*Almacen	5	32.88	NS	6	21.87	NS	197.18	**	
Error	60	49.90		72	19.09		54.12		
Total	82			95					
CV (%)		7.60			4.63		8.05		

*, **; Significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente; F.V.: Factor de variación; Maq: Máquina; Var: Variedad; Almacen: Almacenamiento; GL: Grados de libertad; (GDSCBC1): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño chico; (GDSCBC2): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño estándar; (GDSCBC3): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño grande.

4.2.2 Comparación de medias de máquinas extractoras de semilla

Los resultados de comparación de medias entre máquinas (Cuadro 3) muestran que para las cinco variables de peso de semilla extraída la relación de peso húmedo (PSH) y peso seco de la semilla sin beneficiar (PSSSB) no varía entre máquinas. En la proporción de peso de semilla clasificada por tamaños, con la máquina despulpadora se obtiene mayor rendimiento de semilla del tamaño estándar y grande.

Cuadro 3. Comparación de medias de 15 variables de calidad física y fisiológica utilizando dos máquinas de extracción de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

MÁQUINA	PSH (kg)	PSSSB (kg)	PSSBC1 (kg)	PSSBC2 (kg)	PSSBC3 (kg)
Eléctrica	23.54 a ^z	9.36 a	1915.13 a	5380.1 b	78.56 b
Despulpadora	23.63 a	9.64 a	2044.19 a	5854.8 a	96.31 a
DMSH	0.94	0.48	203.51	417.69	15.53

	HDD (%)	HDC (%)	HDS (%)	GDD (%)	GDC (%)
Eléctrica	52.73 a	40.99 a	6.21 a	35.19 a	31.00 a
Despulpadora	53.46 a	41.35 a	6.43 a	36.06 a	33.17 a
DMSH	1.80	1.13	0.24	8.12	8.41

	GDS (%)	GDSCBC1 (%)	GDSCBC2 (%)	GDSCBC3 (%)	TTP (min)
Eléctrica	36.13 a	91.85 a	93.42 b	91.48 a	105.53 a
Despulpadora	38.63 a	93.95 a	95.40 a	91.31 a	61.78 b
DMSH	5.22	3.10	1.78	2.99	6.21

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); (PSH): peso de semilla húmeda; (PSSSB): Peso de semilla seca sin beneficiar; (PSSBC1): Peso de semilla seca beneficiada tamaño chico; (PSSBC2): Peso de semilla seca beneficiada tamaño estándar; (PSSBC3): Peso de semilla seca beneficiada tamaño grande; (HDD): Humedad después del despulpado; (HDC): Humedad después de centrifugado; (HDS): Humedad después de secado; (GDD): Germinación después de despulpado; (GDC): Germinación después de Centrifugado; (GDS): Germinación después del secado; (TTP): Tiempo total de proceso; (GDSCBC1): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño chico; (GDSCBC2): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño estándar; (GDSCBC3): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño grande; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Para el conjunto de variables de humedad de la semilla, en los resultados de la prueba de comparación de medias entre máquinas (Cuadro 3) no se detectó diferencia alguna al utilizar cualquiera de las máquinas para extraer la semilla.

Los resultados de prueba de comparación de medias entre máquinas (Cuadro 3) muestran que para la variable TTP la máquina despulpadora es la que presenta menor tiempo del proceso de extracción de semilla con aproximadamente 62 minutos de proceso, lo que representa una reducción del 40 % de TTP respecto de la máquina eléctrica, para extraer la semilla de una tonelada de fruto de tomate cáscara.

Para las variables de germinación antes del proceso de clasificado de la semilla (GDD, GDC y GDS), los resultados de la prueba de comparación de medias entre máquinas (Cuadro 3) muestran que no existe diferencia significativa en los porcentajes de germinación al utilizar cualquiera de las dos máquinas. Los porcentajes de germinación antes de la clasificación de la semilla no rebasaron el 40 %. Después del proceso de clasificado de la semilla en tamaños (chico, C1; estándar, C2, y grande, C3), los resultados de la comparación de medias (Cuadro 3) muestran que sólo para la variable GDSCBC2 la máquina despulpadora supero significativamente a la eléctrica.

En el tamaño estándar (GDSCBC2) la máquina despulpadora presentó el más alto porcentaje de germinación, con más del 95 %. No obstante, los otros tamaños muestran porcentajes de germinación mayores al 90 %, que superan

el porcentaje de germinación requerido en semillas para siembra, que es de al menos 85 % (FAO, 2011). Estos resultados concuerdan con lo aseverado por Martínez *et al.* (2004), quienes señalan que la clasificación de la semilla incrementa su porcentaje de germinación. Respecto al tamaño de semilla medio (estándar) aseguran que este tamaño de clasificación tiene mejor calidad, lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación.

4.2.3 Comparación de medias de variedades

La comparación de medias de variedades (Cuadro 4) muestra que Diamante produjo mayor rendimiento de semilla extraída para las cinco variables de peso (PSH, PSSSB, PSSBC1, PSSBC2 y PSSBC3) fue igual que Tecozautla 04 y Gema. En contraste, la variedad Manzano Tepetlixpa tuvo para las mismas cinco variables el menor rendimiento, excepto que en PSH fue igual que Tecozautla 04, mientras que los rendimientos de las variedades Tecozautla 04 y Gema son muy similares. La variedad Manzano Tepetlixpa pertenece a la raza Manzano, mientras que Tecozautla 04 y Gema son de la raza Puebla, y Diamante proviene de un híbrido intervarietal de las razas Rendidora y Puebla (Peña *et al.*, 2014). Martínez *et al.* (2004) refieren que el rendimiento de semilla varía en función de la raza a la que pertenece la variedad, lo cual coincide con los resultados obtenidos. Para la variable de semilla clasificada en tamaño estándar (PSSBC2), los rendimientos de semilla fueron muy similares en todas las variedades, a excepción de la variedad Manzano Tepetlixpa, que tuvo la menor cantidad de semilla, estadísticamente diferente a las demás.

Cuadro 4. Comparación de medias de 15 variables de calidad física y fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

VARIEDAD	PSH (kg)	PSSSB (kg)	PSSBC1 (g)	PSSBC2 (g)	PSSBC3 (g)
Diamante	26.01 a ^z	10.98 a	3264.9 a	6303.0 a	103.63 a
Tecozautla 04	22.15 c	9.26 b	1752.1 c	6767.5 a	91.63 ab
Gema	24.15 b	9.84 b	2409.9 b	6445.5 a	86.25 ab
Manzano Tepetlixpa	22.03 c	7.90 c	491.8 d	2553.8 b	68.25 b
DMSH	1.77	0.91	384.7	789.5	29.35

	HDD (%)	HDC (%)	HDS (%)	GDD (%)	GDC (%)
Diamante	48.07 c	-	6.39 b	40.50 ab	-
Tecozautla 04	49.02 c	37.67 b	6.01 b	33.38 ab	29.375 a
Gema	53.11 b	38.76 b	5.09 c	42.38 a	35.625 a
Manzano Tepetlixpa	62.17 a	47.08 a	7.78 a	26.25 b	31.250 a
DMSH	3.40	1.69	0.45	15.35	12.512

	GDS (%)	GDSBC1 (%)	GDSBC2 (%)	GDSBC3 (%)	TPP (min)
Diamante	43.75 a	92.29 a	94.79 ab	93.08 a	80.52 ab
Tecozautla 04	37.88 ab	95.54 a	96.04 a	91.13 a	78.48 b
Gema	37.75 ab	94.33 a	94.92 ab	91.79 a	90.80 a
Manzano Tepetlixpa	30.13 b	85.46 b	91.88 b	89.58 a	84.82 ab
DMSH	9.87	18.53	3.32	5.59	11.89

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); VAR: Variedades; (PSH): peso de semilla húmeda; (PSSSB): Peso de semilla seca sin beneficiar; (PSSBC1): Peso de semilla seca beneficiada tamaño chico; (PSSBC2): Peso de semilla seca beneficiada tamaño estándar; (PSSBC3): Peso de semilla seca beneficiada tamaño grande; (HDD): Humedad después del despulpado; (HDC): Humedad después de centrifugado; (HDS): Humedad después de secado; (GDD): Germinación después de despulpado; (GDC): Germinación después de Centrifugado; (GDS): Germinación después del secado; (TTP): Tiempo total de proceso; (GDSCBC1): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño chico; (GDSCBC2): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño estándar; (GDSCBC3): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño grande; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Para las variables de humedad de la semilla, en las pruebas de comparación de medias entre variedades se observa que Manzano Tepetlixpa presentó el mayor contenido de humedad de la semilla al momento de la extracción, con 62 %, y las variedades con el menor contenido de humedad en el mismo punto de muestreo fueron Diamante y Tecozautla 04, con 48 y 49 %, respectivamente.

Después del proceso de centrifugado de la semilla para extraer exceso de agua, el porcentaje de humedad se redujo 15 % en las variedades Manzano Tepetlixpa y Gema, y casi 11 % en la variedad Tecozautla 04. Al finalizar el proceso de secado de la semilla en promedio de variedades el contenido de humedad es 6 %, aunque la variedad Gema presentó el menor contenido de humedad con 5 %, y la variedad Manzano Tepetlixpa, el mayor, con 7.7 %. Los valores encontrados de porcentaje de humedad de la semilla de las variedades Diamante y Tecozautla 04 al momento de su extracción se aproximan al valor que encontraron Pérez *et al.* (2008b), donde refieren que la semilla de tomate de cáscara a los 63 días después de floración alcanza un punto de equilibrio de 45 % en su contenido de humedad. Los contenidos de humedad encontrados al finalizar el proceso de secado de la semilla son inferiores al reportado por Martínez *et al.* (2004), quienes señalan que después de un proceso de secado la semilla de tomate de cáscara alcanza 11 % de humedad. Esto puede deberse a que en la presente investigación el secado se hizo al sol.

Para las variables de germinación antes del proceso de clasificado de la semilla, los resultados de prueba de comparación de medias entre variedades

muestran que el mayor porcentaje de germinación después del despulpado lo tuvo la variedad Gema, con 42 %, aunque estadísticamente fue igual que Diamante y Tecozautla 04. La variedad Manzano Tepetlixpa después del despulpado de la semilla y del secado de la misma presentó los porcentajes más bajos en germinación, con 26 % y 30 %, respectivamente. La variedad Diamante presentó el porcentaje más alto de germinación después del secado de la semilla sin clasificar, con casi 44 %, aunque sólo fue superior a Manzano Tepetlixpa.

En los resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades para TTP se observa que Tecozautla 04 tuvo el menor tiempo de proceso, solo diferente al de Gema, que fue el mayor. Esto se debe a que la estandarización del proceso de extracción de la semilla se ha desarrollado en su mayoría con la variedad Tecozautla 04.

Después del proceso de clasificación de la semilla por tamaños chico (C1), estándar (C2) y grande (C3) los resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades muestran que la variedad Tecozautla 04 tuvo los mayores porcentajes de germinación en los tamaños de semilla chica y estándar. Esta última es la del porcentaje de germinación mayor, con más del 96 %. La variedad Manzano Tepetlixpa presentó los menores porcentajes de germinación para las tres categorías de tamaño, pero solo en C1 fue estadísticamente inferior al resto de las variedades, y en el tamaño estándar rebasa el 90 %, valor muy superior al 85 % de germinación requerido en

semillas para siembra (FAO, 2011). Estos resultados confirman lo reportado por Martínez *et al.* (2004), quienes afirman que la limpieza y la clasificación de la semilla incrementan el porcentaje de germinación de los lotes de semillas.

4.2.4 Comparación de medias para tiempo de almacenamiento

Los resultados de la prueba de comparación de medias entre fechas de almacenamiento de la semilla (Cuadro 5) muestran que los porcentajes de germinación del tamaño de semilla chica y estándar no tuvieron diferencia significativa entre tiempos de almacenamiento. En el tamaño grande fue mayor después de seis meses de almacenamiento respecto a la semilla sin almacenar.

Cuadro 5. Comparación de medias de tres variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con tres tiempos de almacenamiento (cero, tres y seis meses).

TA	GDSCBC1 (%)	GDSCBC2 (%)	GDSCBC3 (%)
0 meses	90.72 a ^z	94.53 a	88.59 b
3 meses	95.04 a	94.88 a	92.25 ab
6 meses	93.52 a	93.81 a	93.34 a
DMSH	4.59	2.61	4.40

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); TA: Tiempo de almacenamiento; (GDSCBC1): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño chico; (GDSCBC2): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño estándar; (GDSCBC3): Germinación después de secado y beneficiado en tamaño grande; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

El porcentaje de germinación de la semilla no fue afectado por el almacenamiento e independientemente del tamaño de la semilla fue superior al 85 %; lo que indica que la misma está bajo norma para siembra (FAO, 2011). Esto coincide con lo obtenido por Pérez *et al.* (2012) quienes concluyeron que el almacenamiento de semillas de tomate de cáscara puede prolongarse por ocho meses sin pérdida de germinabilidad.

4.2.5 Interacción máquina x variedad

La interacción máquina x variedad mostró significancia estadística ($p \leq 0.05$) en las variables PSH, PSSSB, PSSBC3 y TTP (Cuadro 1). Las variables de PSH y PSSSB están relacionadas con la raza a la que pertenezca la variedad (Martínez *et al.*, 2004), aunque el factor máquina tuvo efecto de manera directa en consecuencia al mecanismo de molienda y eliminación de cáscara de cada equipo de extracción.

Se graficaron los datos de PSH de cuatro variedades de semilla de tomate extraída con dos diferentes máquinas (Figura 4) y se observó que para las variedades Diamante y Tecozautla 04 los rendimientos de semilla al momento de la extracción con cualquiera de las dos máquinas son muy similares, mientras que la variedad Manzano Tepetlixpa decrece su rendimiento de semilla al utilizar la máquina despulpadora respecto de utilizar la máquina eléctrica, caso contrario a la variedad Gema, que obtiene los mejores rendimientos de semilla húmeda utilizando la máquina despulpadora para su

extracción. Esto puede deberse a la relación diferencial pulpa semilla y al porcentaje de agua en los frutos de cada variedad, pues en el caso de la despulpadora la molienda ocurre con el agua que contienen los frutos. Es necesario hacer un estudio específico para confirmar esta posible explicación.

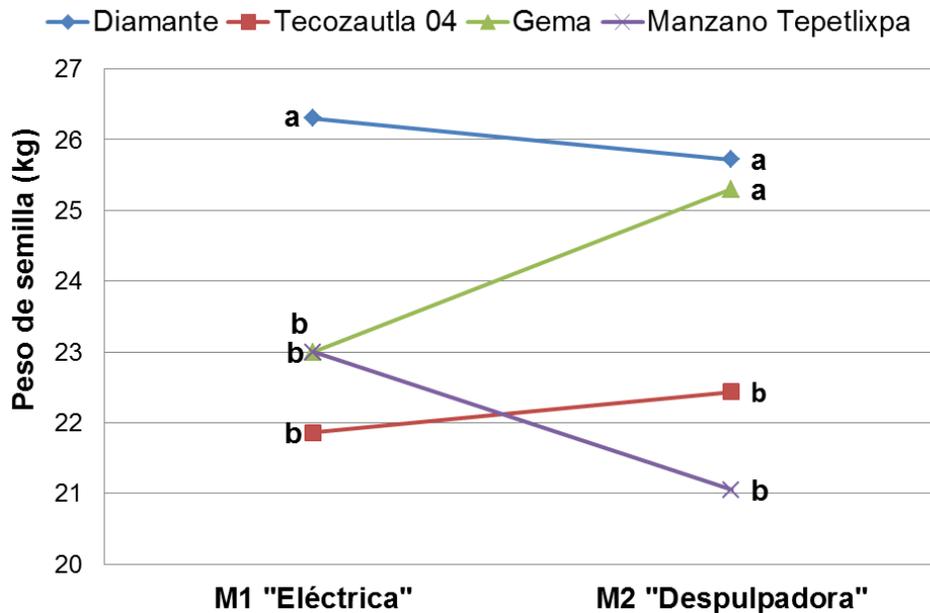


Figura 4. Peso de semilla húmeda de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Se graficaron los datos de PSSSB de cuatro variedades de semilla de tomate extraída con dos diferentes máquinas (Figura 5), donde se observa que Diamante superó estadísticamente al resto de las variedades para la máquina eléctrica. Para la misma máquina, Manzano Tepetlixpa presentó el menor valor, sin ser diferente estadísticamente de Tecozautla 04. En la máquina despulpadora, Diamante fue claramente superior al resto de las variedades, y Manzano Tepetlixpa tuvo el menor valor. La variedad Manzano Tepetlixpa

muestra, al igual que en la variable de PSH, un comportamiento diferente, pues para esta variedad la mayor cantidad de semilla se obtiene utilizando la máquina eléctrica en el proceso de extracción. Esto puede indicar que contiene menos agua en sus frutos en relación a las otras variedades, pues la máquina despulpadora utiliza el agua que contienen los frutos para el proceso de molienda y extracción de semilla, y en la máquina eléctrica se suministra agua de manera continua para la misma operación.

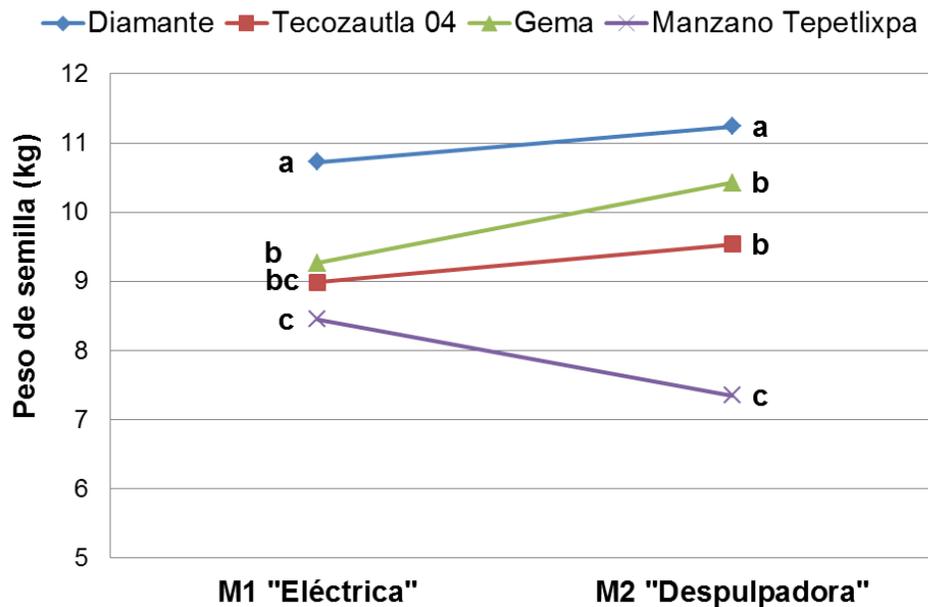


Figura 5. Peso de semilla seca sin clasificar de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) Utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Se graficó el comportamiento de la variable Tiempo Total de Proceso al extraer la semilla de las cuatro variedades de tomate de cáscara utilizando dos diferentes máquinas extractoras (Figura 6), donde el comportamiento observado para las variedades Diamante, Manzano Tepetlixpa y Gema es muy similar

respecto de las dos máquinas de extracción. Los tiempos menores de extracción de semilla en estas tres variedades se obtienen utilizando la máquina despulpadora, con un rango entre ellas que va de los 58 a 65 minutos de proceso, mientras que los rangos con la máquina eléctrica para estas mismas variedades son de casi el doble de tiempo, de 105 a 118 minutos. El menor tiempo de proceso por tonelada de fruto procesado se obtuvo con la máquina despulpadora en la variedad Diamante, aunque fue estadísticamente igual que en las otras tres variedades. Cuando se utilizó la máquina eléctrica Tecozautla 04 tuvo un tiempo de proceso significativamente menor, con un rango de diferencia de 10 a 20 minutos respecto de las otras variedades.

Se graficó el comportamiento de la variable PSSBC3 de las cuatro variedades de tomate de cáscara utilizando dos diferentes máquinas extractoras (Figura 7), lo cual mostró que no existe diferencia significativa entre las variedades para la máquina eléctrica. Para la máquina despulpadora las variedades Diamante, Tecozautla 04 y Gema fueron iguales y superaron estadísticamente a la variedad Manzano Tepetlixpa. Como ya se dijo antes esto pudo deberse a que esta variedad tiene menor contenido de agua, lo que dificulta la operación de la despulpadora.

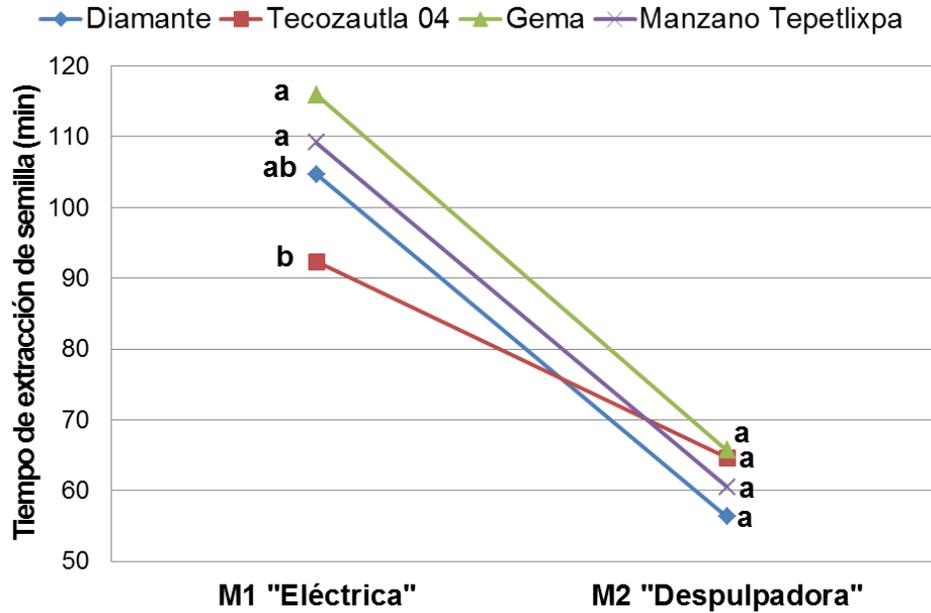


Figura 6. Tiempo Total de Proceso al extraer la semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas extractoras. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

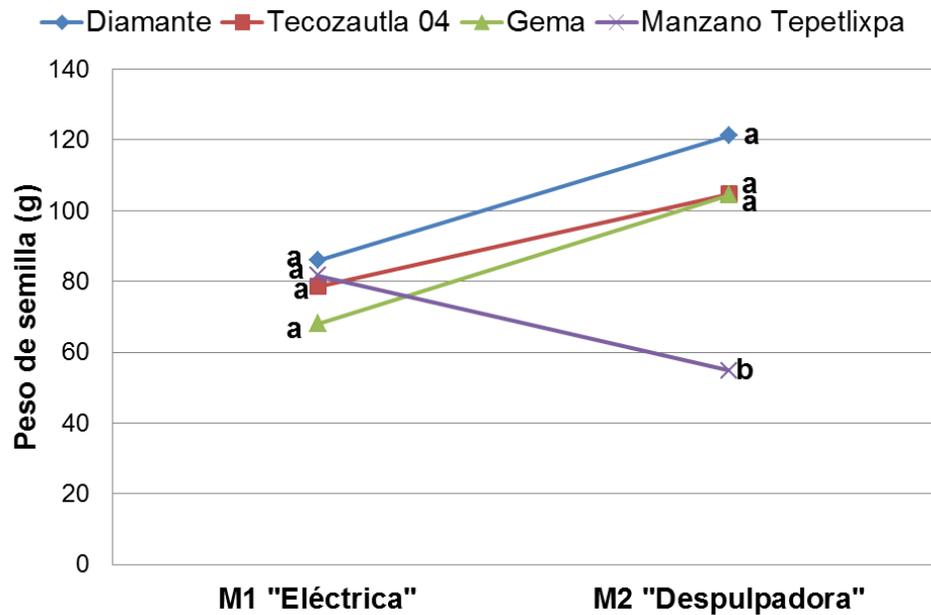


Figura 7. Peso de semilla tamaño grande de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas en el proceso de extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La interacción máquina x variedad mostró significancia estadística ($p \leq 0.05$) en la variable GDSCBC2 (Cuadro 2). En la Figura 8 se observa que las variedades Diamante y Gema son las únicas que tienen un comportamiento similar, pues la germinación de la semilla de clasificación en tamaño estándar incrementó utilizando la máquina despulpadora, con valores de 96 % de semilla germinada en estas dos variedades, mientras que con la máquina eléctrica este tamaño en ambas variedades tiene 93 % de germinación. La variedad Tecozautla 04 presentó prácticamente el mismo resultado con ambas máquinas de extracción. La variedad Manzano Tepetlixpa una vez más tuvo un comportamiento a la inversa, pues el mayor valor de germinación de este tamaño de semilla lo obtiene con la máquina eléctrica, aproximadamente 94 %, y el menor valor de germinación se genera utilizando la máquina despulpadora, con casi el 91 %. Si bien se observa variación en el porcentaje de germinación de todas las variedades al utilizar cada una de la máquinas de extracción, en la Figura 8 se observa que todas las variedades, independientemente de la máquina de extracción de semilla, tienen valores de germinación superiores al 90 %, que superan el valor mínimo solicitado en semilla para siembra, que es de al menos 85 % (FAO, 2011).

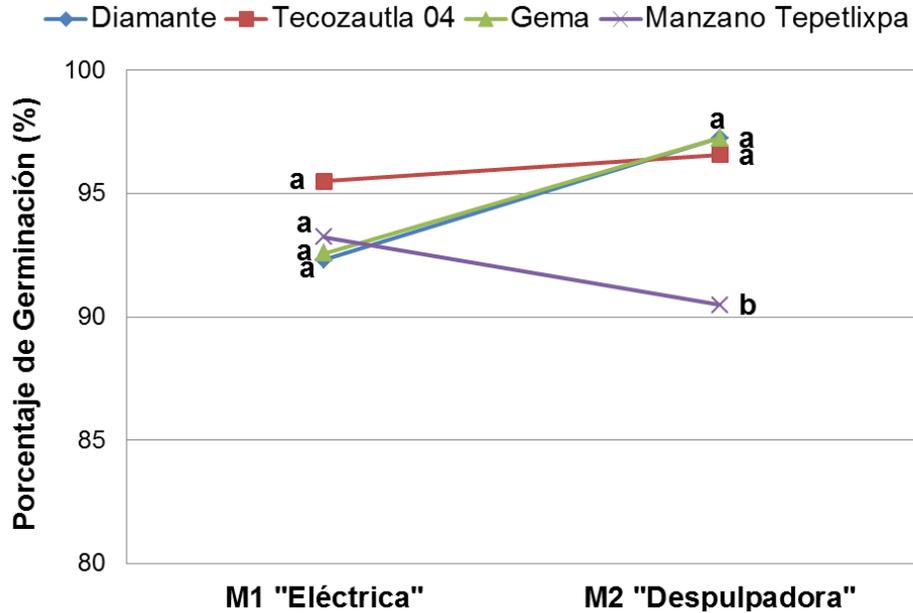


Figura 8. Porcentajes de germinación de semilla clasificada en tamaño estándar de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) utilizando dos diferentes máquinas para su extracción. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

4.3 Prueba de vigor para máquinas, variedades y tamaño de semilla

4.3.1 Análisis de varianza de calidad fisiológica de semilla

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 6) muestran significancia estadística para el factor variedad en seis de las siete variables estudiadas, el factor máquina sólo fue estadísticamente significativo para la variable G1, mientras que para el factor tamaño de semilla se observa significancia estadística en tres de las siete variables en estudio. La interacción máquina x variedad fue significativa para las variables G1, G2, G3, G4, GT e IVG. Los coeficientes de variación (CV) de G1, G2, G3, G4, GT, e IVG, indican que los

resultados son confiables, mientras que para LP y PS los coeficientes de variación son aceptables.

Cuadro 6. Análisis de varianza para ocho variables de vigor como parámetro de calidad fisiológica de tres tamaños de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con dos máquinas de extracción.

FV	GL	G1	G2	G3	G4
Maq	1	224.43 *	4.38 NS	6.40 NS	3.87 NS
Var	3	284.04 **	44.97 **	30.44 **	21.46 **
TS	2	179.00 *	8.54 NS	8.64 *	5.14 NS
Maq*Var	3	150.41 *	21.62 **	13.94 **	9.41 *
Maq*TS	2	39.16 NS	0.35 NS	5.46 NS	2.79 NS
Var*TS	5	49.45 NS	3.20 NS	2.69 NS	1.19 NS
Maq*Var*TS	5	61.75 NS	5.11 NS	1.85 NS	0.70 NS
Error	64	48.78	3.90	2.14	2.36
Total	85				
CV (%)		18.83	4.14	3.01	3.14
		GT	IVG	LP	PS
Maq	1	4.94 NS	18.373 **	2.0057 NS	0.00000020 NS
Var	3	20.57 **	15.579 **	3.1615 **	0.00000245 NS
TS	2	4.72 NS	7.350 NS	1.1301 NS	0.00002005 **
Maq*Var	3	10.44 **	15.045 **	0.2960 NS	0.00000022 NS
Maq*TS	2	1.75 NS	16.661 NS	0.4907 NS	0.00000005 NS
Var*TS	5	1.11 NS	3.745 NS	0.4687 NS	0.00000393 NS
Maq*Var*TS	5	0.67 NS	4.520 NS	0.3927 NS	0.00000064 NS
Error	64	2.34	3.640	0.5904	0.00000327
Total	85				
CV (%)		3.12	8.916	20.5651	22.925630

NS, *, **; Significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente; F.V.: Factor de variación; Maq: Máquina; Var: Variedad; TS: Tamaño de semilla; GL: Grados de libertad; G1: Porcentaje de germinación día dos; G2: Porcentaje de germinación día cuatro; G3: Porcentaje de germinación día seis; G4: Porcentaje de germinación día ocho; GT: Porcentaje de germinación total; IVG: Índice de Velocidad de Germinación; LP: Longitud promedio de plántulas; PS: Peso seco promedio de plántulas; CV: Coeficiente de variación.

4.3.2 Comparaciones de medias

Los resultados de la comparación de medias entre máquinas (Cuadro 7) del comportamiento de la germinación después de dos días de establecida la prueba (G1) muestran que la máquina despulpadora generó el mejor comportamiento en porcentaje de germinación respecto de la máquina eléctrica. En este punto de muestreo la semilla aun no supera el 85 % de germinación que deben tener las semillas para siembra (FAO, 2011). A partir del segundo muestreo (G2), después de cuatro días de establecida la prueba y hasta el quinto conteo (GT), la semilla tuvo más del 95 % de germinación, valor muy por arriba del 85 % requerido. Se observa también que no existe diferencia estadística entre máquinas para las variables G2, G3, G4, GT, LP y PS. Para la variable IVG se observó un comportamiento similar al de la variable G1, donde estadísticamente la máquina despulpadora tiene el valor más alto.

La comparación de medias entre variedades (Cuadro 8) muestra que Diamante tuvo mejor comportamiento para la variable G1, mientras que Tecozautla 04 y Manzano Tepetlixpa para esta misma variable presentan los menores valores de germinación al día dos de la prueba. Para la variable G2 se observa que la variedad Tecozautla 04 presentó mejor porcentaje de germinación y la variedad con la menor germinación fue Manzano Tepetlixpa. La G3 muestra que la variedad Manzano Tepetlixpa fue diferente de las otras tres, y para G4 y GT se observa un comportamiento similar, donde Tecozautla 04 y Gema mostraron el mayor porcentaje de germinación, y el menor se obtuvo con Manzano

Tepetlixpa. Se observa que a partir de los cuatro días después de iniciado el proceso (G2) de la prueba de germinación de las semillas se obtuvieron valores superiores al 95 %, superior al 85 % de germinación requerido en semillas para siembra, como lo indica la FAO (2011).

Cuadro 7. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraída con dos diferentes máquinas.

MÁQUINA	G1 (%)	G2 (%)	G3 (%)	G4 (%)
Eléctrica	70.714 b ^z	95.286 a	96.857 a	97.524 a
Despulpadora	77.454 a	95.772 a	97.636 a	98.181 a
DMSH	3.010	0.852	0.6302	0.662

	GT (%)	IVG	LP (cm)	PS (mg)
Eléctrica	97.571 a	20.93 b	3.74 a	0.0080 a
Desúlpadora	98.318 a	21.85 a	3.73 a	0.0078 a
DMSH	1.319	0.82	0.34	0.0008

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); G1: Porcentaje de germinación día dos; G2: Porcentaje de germinación día cuatro; G3: Porcentaje de germinación día seis; G4: Porcentaje de germinación día ocho; GT: Porcentaje de germinación total; IVG: Índice de Velocidad de Germinación; LP: Longitud promedio de plántulas; PS: Peso seco promedio de plántulas; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Para la variable IVG se observa un comportamiento similar a la variable G1, donde Diamante supera a Tecozautla 04 y Manzano Tepetlixpa. En longitud promedio de plántula (LP) la variedad Tecozautla 04 superó a Diamante y

Gema. Referente al peso seco promedio de plántula (PS), todos los cultivares son estadísticamente iguales.

Cuadro 8. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraída con dos diferentes máquinas.

VARIEDAD	G1 (%)		G2 (%)		G3 (%)		G4 (%)	
Diamante	83.72	a ^z	93.91	bc	96.55	a	97.18	ab
Tecozautla 04	66.66	b	98.08	a	98.92	a	99.08	a
Gema	74.74	ab	97.08	ab	98.67	a	99.34	a
Manzano Tepetlixpa	71.36	b	91.62	c	93.63	b	94.76	b
DMSH	11.39		3.22		2.39		2.50	

	GT (%)		IVG		LP (cm)		PS (mg)	
Diamante	97.18	ab	22.46	a	3.288	b	0.0073	a
Tecozautla 04	99.16	a	20.68	b	4.232	a	0.0082	a
Gema	99.42	a	21.66	ab	3.555	b	0.0079	a
Manzano Tepetlixpa	95.00	b	20.62	b	3.755	ab	0.0081	a
DMSH	2.45		1.56		0.648		0.0016	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); G1: Porcentaje de germinación día dos; G2: Porcentaje de germinación día cuatro; G3: Porcentaje de germinación día seis; G4: Porcentaje de germinación día ocho; GT: Porcentaje de germinación total; IVG: Índice de Velocidad de Germinación; LP: Longitud promedio de plántulas; PS: Peso seco promedio de plántulas; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Los resultados de la comparación de medias entre tamaños de semilla (Cuadro 9) muestran que las variables G1 e IVG tienen tendencia similar, donde el tamaño chico de semilla mostró el valor estadísticamente más alto y el tamaño grande tuvo el menor valor. Las variables G2, G3, G4, GT y LP estadísticamente no presentan diferencia en los tres tamaños de semilla. Para el peso seco promedio de plántulas (PS), el tamaño grande de semilla mostró mayor valor, aunque fue estadísticamente igual que la semilla estándar.

Cuadro 9. Comparación de medias de ocho variables de calidad fisiológica de semilla de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) para tres tamaños de clasificación.

TAMAÑO DE SEMILLA	G1 (%)	G2 (%)	G3 (%)	G4 (%)
Chica	79.65 a ²	95.65 a	97.21 a	98.09 a
Estándar	75.16 ab	94.64 a	96.45 a	97.03 a
Grande	69.25 b	96.31 a	98.06 a	98.50 a
DMSH	8.95	2.53	1.87	1.97

	GT (%)	IVG	LP (cm)	PS (mg)
Chica	98.09 a	22.10 a	3.528 a	0.00685 b
Estándar	97.22 a	21.42 ab	3.718 a	0.00778 ab
Grande	98.56 a	20.87 b	3.907 a	0.00886 a
DMSH	1.96	1.22	0.510	0.0012

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); G1: Porcentaje de germinación día dos; G2: Porcentaje de germinación día cuatro; G3: Porcentaje de germinación día seis; G4: Porcentaje de germinación día ocho; GT: Porcentaje de germinación total; IVG: Índice de Velocidad de Germinación; LP: Longitud promedio de plántulas; PS: Peso seco promedio de plántulas; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Con base en los resultados, en general se puede decir que el tamaño de semilla no influye en su germinación y vigor, lo cual puede deberse a que la diferencia en tamaño no representa mayor acumulación de reservas para la germinación o en crecimiento de la plántula (Pérez, 2008a).

4.3.3 Interacción máquina x variedad

Esta interacción ocurrió para las variables G1, G2, G3, G4, GT e IVG, lo que indica que el comportamiento relativo de las variedades es diferente respecto de cada máquina de extracción.

Para su interpretación se graficó el comportamiento de las variables G1, G2, G3, G4, GT e IVG, para cuatro variedades extraídas con las dos diferentes máquinas, y se hicieron las comparaciones de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) entre variedades para cada máquina.

Después de dos días (G1) de establecido el experimento de vigor (Figura 9), el comportamiento de calidad, evaluado como porcentaje de germinación, indica que la variedad Diamante tuvo los mayores porcentajes de germinación para las dos máquinas. Su germinación fue mayor en la máquina eléctrica, con 85 %, y menor en la despulpadora, con 83 %. En este tiempo de evaluación la variedad Tecozautla 04 presentó el menor porcentaje de germinación con la máquina eléctrica, con 58 %, mientras que con la máquina despulpadora es la variedad Gema la que germinó menos, con casi 74 %. Estadísticamente la semilla de las

cuatro variedades extraída con la máquina eléctrica presentaron un comportamiento más variable entre ellas, donde la variedad Diamante fue superior en porcentaje de germinación y la variedad Tecozautla 04 presentó el menor valor, a diferencia del comportamiento de las variedades con la máquina eléctrica, donde estadísticamente todos los porcentajes de germinación después de dos días de establecido el experimento estadísticamente son iguales.

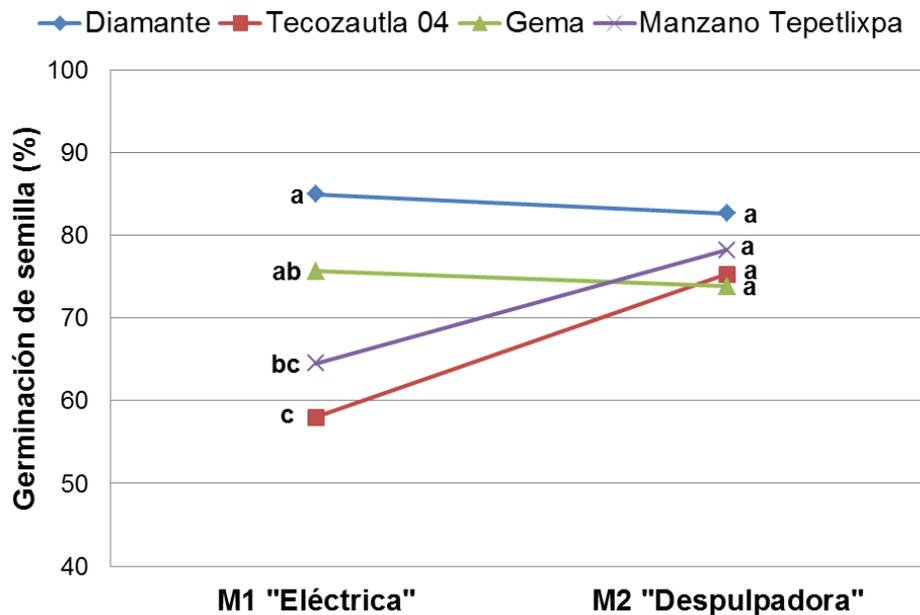


Figura 9. Porcentaje de germinación (G1) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día dos de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Después de cuatro días (G2) de establecido el experimento (Figura 10), se observa que la variedad Gema para la máquina eléctrica presentó el mayor porcentaje de germinación, con 98 %, y la variedad Manzano Tepetlixpa para esta misma máquina tiene el menor porcentaje de germinación, con 88 %, mientras que para la máquina despulpadora la variedad Tecozautla 04 tuvo la mayor germinación, y la variedad Diamante, la menor, con valores de 99 y 92

%, respectivamente. Estadísticamente, de las cuatro variedades evaluadas con la máquina eléctrica sólo Manzano Tepetlixpa tiene un comportamiento de germinación diferente a las demás variedades. En la comparación de medias de las cuatro variedades con la máquina despulpadora el comportamiento es más variable. Sólo las variedades Manzano Tepetlixpa y Gema conservan un comportamiento similar estadísticamente.

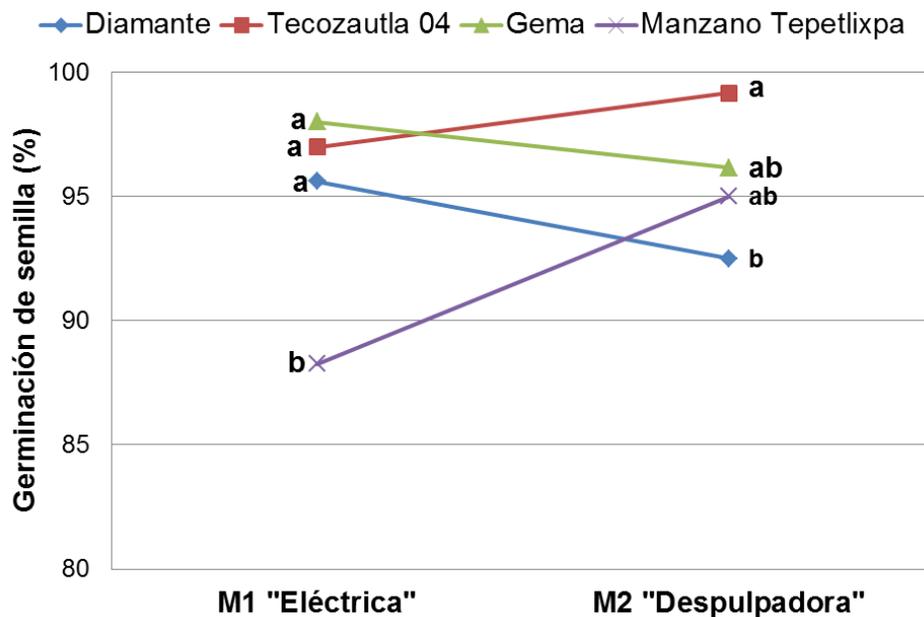


Figura 10. Porcentaje de germinación (G2) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día cuatro de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Para la fecha de germinación después de seis días (G3) de establecido el experimento (Figura 11), se observa un comportamiento entre las variedades con cada máquina de extracción de semilla muy similar al observado en la germinación dos (G2), pues con la máquina eléctrica la variedad Gema mantuvo el más alto porcentaje de germinación, con un valor de 99.5 %, mientras que para esta misma máquina la variedad Manzano Tepetlixpa tuvo el

valor más bajo, con 90.5 %. Para la máquina despulpadora la variedad Tecozautla 04 tuvo el mayor valor de germinación, con 99.6 %, y el menor valor lo mostró la variedad Diamante, con 96 %. En el análisis estadístico de comparación de medias el comportamiento es prácticamente igual a la G2, que se observa en la Figura 7.

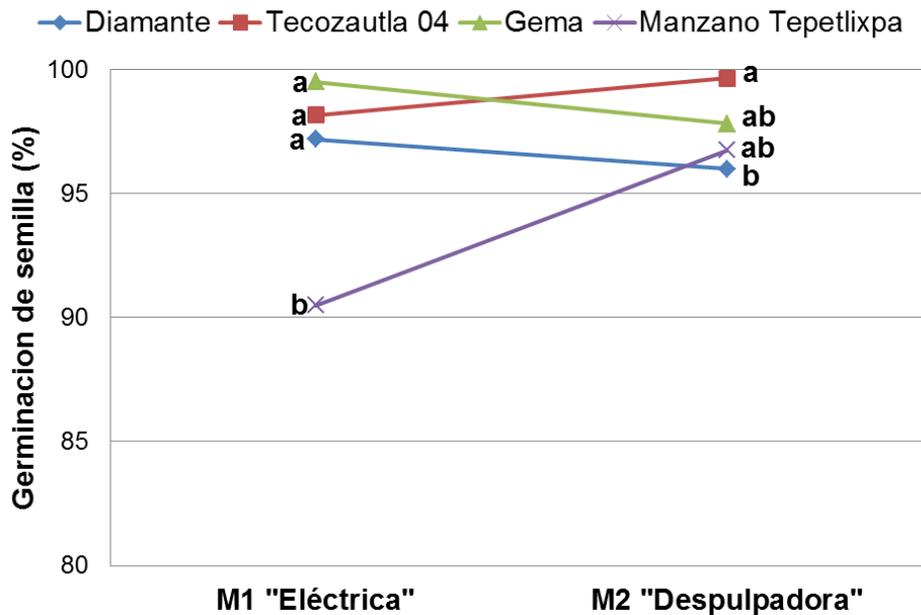


Figura 11. Porcentaje de germinación (G3) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día seis de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La germinación en el cuarto (G4) conteo (Figura 12) muestra un comportamiento de las variedades con cada máquina de extracción muy similar a la germinación dos y tres (G2 y G3). La variedad Gema tuvo el mayor valor de germinación para la máquina eléctrica, con 99.6 %, y para la máquina despulpadora la variedad Tecozautla 04 tuvo el mayor valor de germinación, con 99.8 %. En contraparte, el valor de germinación más bajo en la máquina

eléctrica lo conservó la variedad Manzano Tepetlixpa, con 92 %, y para la máquina despulpadora la variedad Diamante sigue con el valor más bajo, con 96 %. Además, en la tendencia del comportamiento entre variedades con cada máquina en las germinaciones G2, G3 y G4, se observa que las variedades Tecozautla 04 y Manzano Tepetlixpa aumentaron su porcentaje de germinación al usar la máquina despulpadora para extraer su semilla. En contraparte las variedades Gema y Diamante aumentan su porcentaje de germinación al usar la máquina eléctrica.

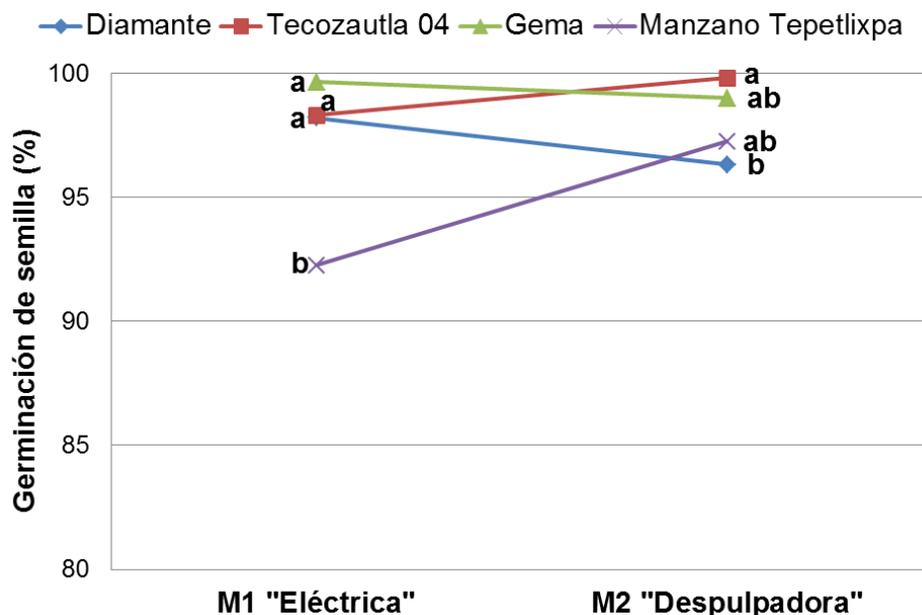


Figura 12. Porcentaje de germinación (G4) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día ocho de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La Germinación Total (Figura 13) fue tomada después de 10 días de establecido el experimento de vigor, donde se observa que para la máquina eléctrica el mejor comportamiento lo presentaron las variedades Gema, Tecozautla 04 y Diamante, con valores de 99.6, 98.5 y 98.2 %,

respectivamente. La semilla de la variedad Manzano Tepetlixpa con esta máquina de extracción presentó un valor estadísticamente menor, con 92.2 %.

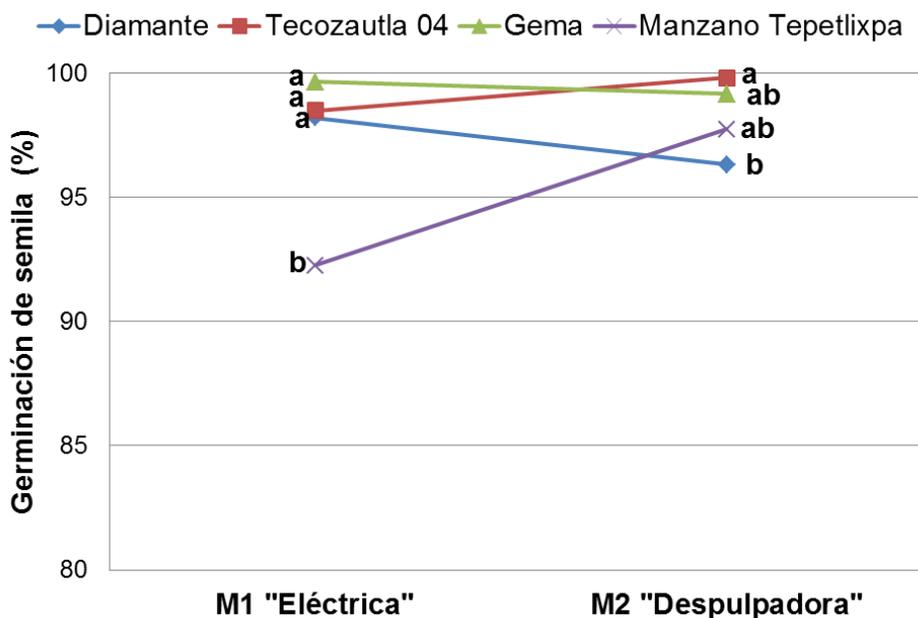


Figura 13. Porcentaje de germinación total (GT) de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas al día 10 de establecido el experimento. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la máquina despulpadora, la variedad Tecozautla 04 germinó mejor, con 99.8 %, seguida de Gema, con 99.1 %, Manzano Tepetlixpa, con 97.7 %, y Diamante con 96.3 %. Estadísticamente la variedad Tecozautla 04 fue mejor que Diamante. Es de resaltar que todos los valores de germinación de las semillas de las cuatro variedades rebasaron el 85 % requerido en semillas para siembra que menciona la FAO (2011), por lo que se puede decir que en general las máquinas no afectan considerablemente la germinación.

Para el IVG (Figura 14) se observa que la variedad Diamante presentó el mejor índice de velocidad de germinación en ambas máquinas. Analizando el comportamiento por máquina, la eléctrica presentó los mejores IVG en las

variedades Diamante y Gema, mismas que son iguales estadísticamente. Para esta misma máquina las variedades Tecozautla 04 y Manzano Tepetlixpa presentaron los menores valores de IVG, estadísticamente iguales entre ellas, pero diferentes a las otras dos. Para la máquina despulpadora todas las variedades son iguales estadísticamente.

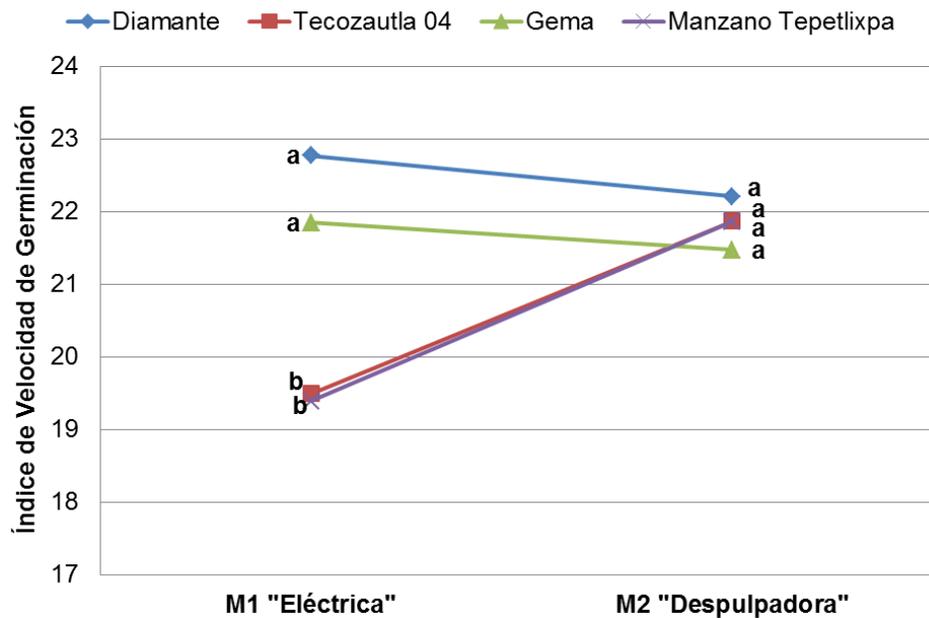


Figura 14. Índice de Velocidad de Germinación de semillas de cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) extraídas con dos diferentes máquinas. Medias con la misma letra para cada máquina son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Con base en el análisis global de las variables donde la interacción máquina por variedad fue significativa (G1, G2, G3, G4, GT e IVG), se puede decir que la despulpadora no modifica la calidad fisiológica de la semilla de las cuatro variedades evaluadas. En contraste, la máquina eléctrica afecta negativamente la calidad de la semilla de Manzano Tepetlixpa, lo cual puede deberse a que esta variedad es de corta vida de anaquel y su fruto tiene menos pulpa, por lo

que las aspas de la máquina eléctrica, que giran a 1,500 rpm, pueden dañar su semilla.

V. CONCLUSIONES

El tiempo total de proceso para la extracción de semilla de tomate de cáscara con la máquina despulpadora fue significativamente menor, casi la mitad del que se hace al utilizar la máquina eléctrica para procesar una tonelada de fruto.

Con ambas máquinas se obtiene el mismo rendimiento y calidad física de semilla. Sin embargo, sí se observó un efecto sobre la calidad fisiológica, ya que con la máquina despulpadora se obtuvo un mayor índice de velocidad de germinación. Todas las variedades en la prueba de vigor superan el 92 % de germinación, independientemente de la máquina que se utiliza para extraer la semilla, valor muy superior al porcentaje de germinación requerido en semillas para siembra.

Todas las variedades generan semilla de la misma calidad, aunque con cada una se obtiene diferente rendimiento. La variedad Diamante presentó mayor rendimiento de semilla extraída, y Manzano Tepetlixpa, el menor, mientras que Tecozautla 04 y Gema tienen rendimientos similares entre sí, debido a que son de la misma raza.

La calidad fisiológica incrementó con el proceso de limpieza y clasificación. Los porcentajes de germinación después del despulpado, centrifugado y secado al ambiente no rebasaron el 50 % de germinación. Después del proceso de

limpieza y clasificado de la semilla se obtuvieron porcentajes de germinación superiores al 90 % para todos los tamaños de semilla.

El proceso de centrifugado y secado al ambiente redujo el porcentaje de humedad de la semilla, que pasó de 50 % después del despulpado a menos del 8 % después del secado, lo cual mejoró la calidad de los lotes de semilla.

La calidad de la semilla de tomate de cáscara no disminuye después de seis meses de almacenamiento, pues se mantiene la germinación y el vigor.

VI. LITERATURA CITADA

- Ayala V., M. J.; Ayala G., O.J.; Aguilar R., V. H.; Corona T., T. 2014. Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Fitotecnia Mexicana* 37(1): 79–87.
- Baudet, L. M. L.; Villela, F. A.; Cavariani, C. 1999. Princípios de secagem. *Seed News* 10: 20-27.
- Bewley, J. D.; Black, M. 1994. *Seeds, Physiology of Development and Germination*. 2da edición. Plenum Press. New York, USA. 445 p.
- Carvalho, N. M. 1994. *A Secagem de Sementes*. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, Brasil. 165 p.
- Casini., C. 2007. Producción de semilla. Rosario, Argentina. *Análisis de Semilla* 1 (1): 54–58.
- Dávila, S.; Peske, S.; Aguirre, R. 1988. *Manual de beneficio de semillas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 253 p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31(1): 74-85.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. *Semillas en Emergencias, manual técnico*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 85 p.
- Ferro E., M.; Chirino., E.; Márquez., M.; Rios., H.; Odile R., R.J.; Sarmiento., A.A. 2009. Aporte del sistema formal en semillas mejoradas de granos básicos y cereales a la seguridad alimentaria de la palma, pinar del río. *Cultivos Tropicales* 30(2): 59-65.
- García, D. C.; Barros, A. C. S. A.; Peske, S. T.; Menezes, N. L. 2004. A secagem de sementes. *Ciência Rural* 34(2): 603-608.
- Gaviola, J. C. 2009. Producción de semillas hortícolas en Cuyo. *In: Jornadas de actualización hortícola* 22-23 de octubre. Guaymallen, Mendoza, Argentina. p: 10.
- George, R. A. T. 1983. *Guía Para la Tecnología de las Semillas de Hortalizas*. FAO. Roma, Italia. 94 p.
- ISTA, International Seed Testing Association. 2004. *International Seed Testing Rules*. International Seed Testing Association. Zurich, Suiza. 243 p.
- Morales H., J.; Tena Á., A. 2008. Determinación de temperaturas óptimas de germinación en Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 39 pp.

Marín S., J.; Mejía C., J. A.; Hernández L., A.; Peña L., A.; Carballo C., A. 2007. Acondicionamiento osmótico de semillas de tomate de cáscara. *Agricultura Técnica en México* 33(2): 115-123.

Martínez S., J.; Mendoza V., N. M.; Rodríguez P., J. E.; Peña L., A.; Peña O., G. M.; 2006. Efecto de la temperatura en la germinación de semillas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 50: 7-12.

Martínez S. J; Peña L., A.; Montalvo H., D. 2004. Producción y Tecnología de Semilla de Tomate de Cáscara. Boletín Técnico No. 4. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 35 p.

Miranda, L. C.; Da Silva, W. R.; Cavariani, C. 1999. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I. Monitoramento físico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(11): 2097-2108.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(1): 176-177.

Osborn., T.; Napolitano., G.; Fajardo., J. 2011. Semillas en emergencias. Manual técnico. Estudio FAO producción y protección vegetal 202. 1–31.

Peña L., A.; Ponce V., J. J.; Sánchez C., F.; Magaña L., N. 2014. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(4): 381-391.

Peña L., A.; Márquez S., F. 1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara. *Revista Chapingo* 15(71-72): 84-88.

Pérez C., I; González H., V. A.; Ayala G., O. J.; Carrillo S., J. A.; García S., G.; Peña L., A.; Cruz C., E. 2012. Calidad fisiológica de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(1): 67-78.

Pérez C., I.; Ayala G., O. J.; González H., V. A.; Carrillo S., J. A.; Peña L., A.; García S., G. 2008a. Indicadores morfológicos y fisiológicos del deterioro de semillas de tomate de cáscara. *Agrociencia* 42: 891-901.

Pérez C., I.; González H., V. A.; Molina M., J. C.; Ayala G., O. J.; Peña L., A. 2008b. Efecto de desarrollo y secado de semillas de *Physalis ixocarpa* Brot. en germinación, vigor y contenido de azúcares. *Interciencia* 33(10): 762-766.

Pérez M., L.; Granados A., J. 2001. Fertilización nitro-fosfórica en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. de riego, en Irapuato, Gto., México. *Acta Universitaria* 11(1): 19-25.

Pichardo G., J. M.; Ayala G., O. J.; González H., V. A.; Flores O., C. M.; Carrillo S., J. A.; Peña L., A.; Robledo P., A.; García S., G. 2010. Calidad fisiológica, ácidos grasos y respiración en semillas de tomate de cáscara deterioradas artificialmente. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(3): 231-238.

Popinigis, F. 1988. Necessidades de pesquisas relacionadas a qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes* 9(1): 95-103.

Robledo T., V.; Ramírez G., Ma. M.; Vázquez B., M. E.; Ruiz T., N. A.; Zamora V., V. M.; Ramírez G., F. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) con acolchonados plásticos fotoselectivos. *Fitotecnia Mexicana* 33(3): 265–270.

Salinas A., J. 2000. Beneficio de semilla de maíz. Memoria de experiencia profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, México. 116 p.

Sánchez M., J.; Peña L., A. 2015. Variedades de uso común; un breve mirar a la riqueza mexicana. Volumen II tomate de cáscara. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. México, D.F. 45 p.

Sánchez V., E.; Martínez S., J.; Rodríguez P., J. E.; Peña L., A.; Mora A., R. 2007. Relación entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), con el establecimiento en almácigo. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 51: 185-206.

Santiago H., J. F.; Cedillo P., E.; Cuevas S., J. A. 2010. Distribución geográfica de *Physalis* spp. en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 245 p.

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. SIAP-SAGARPA. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> (Abril 2015)

SINAREFI, Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. 2015. Red tomate de cáscara. SINAREFI-SNICS. Disponible en: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_tomatedecascara.html (Abril 2015).

SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2007. Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. México, D.F. 17 p.

Villela, F. A.; Peske, S. T. 1997. Tecnología pós-colheita para arroz, pp. 351-412. In: *Produção de Arroz Irrigado*. Peske, S. T.; Nedel, J. L.; Barros, A.C.S.A. (eds.). Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul, Brasil.

Villela, F. A.; Silva, W. R. 1992. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. *Scientia Agricola* 49(1): 145-153.