

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUIMICO-BIOLÓGICAS

Establecimiento y Evaluación del Efecto del Sistema de Secado Sobre la Viabilidad de Semillas de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv "Saladette".



Presenta:

Martina Ignacia Contreras Girón

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

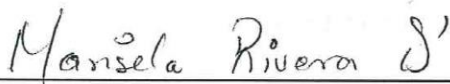


Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACION

Los miembros del jurado calificador del examen profesional de **Martina Ignacia Contreras Girón**, hemos revisado detenidamente su trabajo escrito titulado **Establecimiento y Evaluación del Efecto del Sistema de Secado Sobre la Viabilidad de Semillas de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cv "Saladette"**. Y encontramos que cumple con los requisitos para la presentación de su examen profesional. Por tal motivo recomendamos se acepte dicho trabajo como requisito parcial para la obtención de título de **Químico-Biólogo Especialidad Tecnología de Alimentos**.

Atentamente:



Dra. Marisela Rivera Domínguez

Director de Tesis




Dra. Reyna Isabel Sánchez Mariñez

Secretario



Dr. Aldo Alejandro Arvizu Flores

Vocal



Dra. Alba Guadalupe Corella Madueño

Suplente

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por la oportunidad de vivir y de disfrutar de su continua presencia.

A la Universidad de Sonora mi alma mater por aceptarme como una de sus hijas y otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

Al personal del Departamento de Ciencias Químico-Biológicas por su disposición y amable atención en todo momento.

A todos mis maestros por brindarme su sabiduría su dedicación e interés, pero ante todo por los gratos momentos compartidos.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.), por las facilidades prestadas para realizar este trabajo, especialmente un reconocimiento a todo su personal por hacerme sentir como en casa.

Un reconocimiento muy especial a la entrañable amiga y ahora también directora de Tesis la Doctora Marisela Rivera Domínguez por su apoyo, disposición e interés incondicionales, vaya para Ella mi respeto y admiración por el amor y la pasión con que ejerce su profesión, un millón de gracias.

A Fernanda, Anita y David por amenizar los momentos compartidos en el laboratorio.

A los jóvenes Alaide, Mariana, Zaira y Edgar por su valiosa ayuda y agradable compañía.

Al personal de laboratorio especialmente a la Q.B. Karen Rosalinda Astorga Cienfuegos técnico del Laboratorio de Biotecnología Vegetal, por su magia y apoyo técnico tanto en entrenamiento como apoyo para la realización de éste trabajo , así como a Karla Gabriela Robles Bernal también por su apoyo técnico en el centro de cómputo.

A la Doctora María Alba Guadalupe Corella Madueño, al Doctor Aldo Alejandro Arvizu Flores y a la maestra Reyna Isabel Sánchez Maríñez, por su profesionalismo atenciones e interés tanto como por el tiempo dedicado a las revisiones de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros gracias por los instantes de vida compartidos, por los momentos inolvidables, por ser mis compañeros de viaje, así como a toda persona que por el más pequeño instante compartió su vida conmigo o con ellos, porque hoy ya forman parte de mí ser y de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo, Gracias.

DEDICATORIAS

A mis padres por su apoyo, su compañía y cariño, por esforzarse para salir adelante todos juntos sin importar las carencias y desafíos, por la certeza de que siempre estarán para Mí. A mi madre por sus palabras de aliento, por mostrarme el camino y las recompensas del esfuerzo, la perseverancia y la fe vividos con entusiasmo, sencillez y alegría. A mi padre por mostrarme el camino de la constancia, la responsabilidad y el orden. Muchas, muchas gracias a ambos por darme una familia.

A mi esposo y compañero de vida José Fernando por su apoyo y cariño aún en los momentos difíciles. Gracias por compartir mis sueños, mis anhelos, por la felicidad, amor y amistad que nos unen.

A mis tres príncipes Paul Fernando por una perspectiva diferente, a Martín Alejandro por una alegre y entusiasta objetividad y a Carlos Eduardo por ser mi joven y alegre sabio, gracias por su cariño, por la invaluable oportunidad de verlos crecer y convertirse en jóvenes, por la dicha de disfrutar de sus sonrisas, de sus sueños, de sus logros. Me siento muy orgullosa de Ustedes, su presencia le da un mayor sentido a mi vida.

A mis hermanos quienes me han acompañado en esta aventura de vivir y crecer, a Alma Leticia por el don de la diligencia y el detalle, a Ángel Gabriel, por su espíritu investigador y emprendedor, por su perseverancia y alegría, a Rita por su valor para continuar aún en las adversidades, por su objetividad e inquebrantable fortaleza, a Luz del Carmen por su proactividad, fortaleza y don de servicio, a Guadalupe Irene por su carisma, entusiasmo y vitalidad a Jesús Francisco mi pequeño, por establecer límites sin temor, con una alegre y sencilla filosofía positiva de la vida tendiente a la aceptación y el progreso. Gracias por saber que cuento con Ustedes, gracias por ser mis hermanos, gracias Familia.

A mis sobrinos que alegran y enriquecen jovialmente todos los momentos de mi vida.

A mis abuelos Francisco, Rita, Francisco y Claudia. En especial a mi abuelita Claudia que de seguro estará conversando, sonriendo y bailando desde el cielo gracias por mostrarme el camino de la humildad y la alegría aún en la pobreza. A mi tía Carmelita por enseñarme a sonreír, y que aún en la enfermedad se puede ser feliz y vivir con dignidad y aceptación.

Mil gracias a todos Ustedes por ser la luz que me motiva para seguir adelante ¡los Amo!

CONTENIDO

FORMA DE APROBACION	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
OBJETIVOS	xv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
Aspectos Generales del Tomate	3
Generalidades	3
Morfología y Descripción Botánica del Tomate	4
Características de la Semilla	6
Importancia de Color y Firmeza en Tomate	8
Clasificación del Tomate	9
Características químicas del tomate	10
Plagas y Enfermedades del Tomate	12
Producción de Tomate	14
Producción mundial	14
Producción nacional	14

Producción nacional de tomate “Saladette”	
y de tomate bola	16
Producción regional	19
Exportación a nivel mundial	20
Consumo nacional de tomate	20
Propagación del Cultivo de Tomate	22
Semilla	23
Método de Reproducción Vegetativa	24
Micropropagación	25
Producción de Semilla de Tomate	26
Obtención y Tratamientos de la Semilla	28
Fermentación	29
Ácido Clorhídrico	29
Carbonato de sodio	30
Ácido acético	30
Ortofosfato trisódico	31
Limpieza y Preparación de la Semilla	31
Lavado	31
Centrifugado	31
Secado	31
Despeluzado	32
Almacenaje	32
Clasificación y Envasado	32

Rendimiento	33
Daños mecánicos en la semilla	33
Métodos de Conservación de Semillas	33
Determinación de humedad inicial y de humedad de equilibrio	36
Análisis de Calidad de las Semillas	40
Prueba de Flotación	41
Prueba de Germinación	41
Prueba de Tinción con Tetrazolio	43
Vigor de Semilla	46
Empaque de las Semillas	49
Almacenamiento y Empaque de las Semillas	49
MATERIALES Y METODOS	53
Muestreo	53
Análisis de Firmeza	53
Separación de Semillas	55
Presecado de Semillas	55
Agrupamiento de las Semillas Antes del Secado	55
Secado de Semilla de Tomate (Saladette) Utilizando Sílica Gel	56
Secado de Semillas de Tomate (Saladette) en Estufa	57
Determinación de Porcentaje de Humedad de Semillas	57

Análisis de Humedad de Equilibrio	58
Determinación de Pérdida de Peso	58
Análisis de Viabilidad	58
Prueba de Flotación	59
Prueba de Tinción con Sal de Tetrazolio	59
Ensayo de Germinación y Vigor	60
Análisis Estadísticos de los Datos	61
RESULTADOS Y DISCUSION	62
Firmeza	62
Pérdida de Peso	63
Curva de Humedad de Equilibrio y Porcentaje de	
Humedad en las Semillas	65
Humedad Relativa (%), Ambiental y Alrededor de	
las Semillas Mantenidoas en Sílica Gel y Estufa	69
Secado Mediante Sílica Gel	70
Secado Mediante Estufa	73
Pruebas de Viabilidad	73
Prueba de Flotación	73
Prueba de Tinción con Sal de Tetrazolio	74
Germinación	76
Vigor	79
Comparación entre Germinación y Vigor en Semillas	
de Tomate cv Saladette de los distintos Tratamientos	

de secado	82
CONCLUSIONES	88
PERSPECTIVAS	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación Científica de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i>).	5
2. Composición Química del Fruto de tomate.	11
3. Clasificación de las principales plagas que afectan al tomate	13
4. Principales enfermedades de origen bacteriano, fungosas y virales que afectan al tomate.	13
5. Principales países productores de tomate rojo y valor de la producción para el año 2010 unidades expresadas en toneladas métricas (TM).	15
6. Principales alimentos producidos en México con el valor de la producción y la cantidad de toneladas métricas (TM) para 2010.	16
7. Relación de los 5 estados de la República Mexicana que Tuvieron la mayor producción de tomate rojo en el período 2004-2008.	17
8. Valor de la producción para tomate rojo de los 5 estados con mayor producción en México.	17
9. Producción (toneladas) por tipo de tomate rojo en México.	18
10. Valor de la producción de tomate bola y Tomate Saladette en los principales estados productores de México en el período 2004-2008	19

11. Cantidad y Valor de la producción de tomate en los principales países exportadores del mundo para el año 2009.	20
12. Contenidos de humedad en equilibrio (aproximados) de algunas semillas de cultivos comunes a 25°C.	38
13. Porcentaje de Humedad Relativa (%HR): Ambiental del laboratorio, (Control), en el contenedor de vidrio con sal de sílica gel y en estufa a 25°C ± 1	71

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Firmeza (N) de tomate en diferentes estados de madurez.	9
2. Estructura del Licopeno	12
3. Consumo Nacional Aparente de Tomate en México.	21
4. Consumo Per cápita de Tomate en México.	22
5. Curva modelo de Humedad de Equilibrio.	37
6. Gráfica de isotermas de humedad para semillas de cultivos amiláceos y oleaginosos.	39
7. Patrón de tinción después de la prueba con tetrazolio en semillas dicotiledóneas. Las ilustraciones representan ambos lados de la semilla. Los números del 1 al 6 son semillas germinables y del 7 al 15 son semillas No germinables.	47
8. Porcentaje de germinación de semillas de festuca roja rastrera almacenadas en distintos materiales de empaque.	51
9. Diagrama experimental de los tratamientos de secado y análisis realizados a las semillas de tomate cultivar saladette.	54
10. Esquema de los cortes efectuados a las semillas de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill), para realizar la preparación de tinción con tetrazolio (TZ).	60
11. Análisis de pérdida de peso en semillas de tomate cv saladette durante tratamientos de secado: C: Muestra control, SG: Secado sílica gel y E: Secado en estufa, mantenidas a 25°C durante 401 horas. Las barras indican la desviación estándar de las medias.	64
12. Análisis de pérdida de peso en semillas de tomate cv saladette durante tratamientos de secado: C: Muestras control, SG: Secado sílica gel y E: Secado en estufa,	

mantenidas a 25 °C durante las primeras 77 horas. Las barras indican la desviación estándar de las medias.	65
13. Curva de humedad de equilibrio (% de humedad) de semillas de tomate cv saladette secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C) durante 400 horas. Las barras indican la desviación estándar de la media.	67
14. Porcentaje de humedad de semillas de tomate cv saladette secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C) durante las primeras 106 horas. Las barras indican la desviación estándar de la media. Las letras al final de las líneas indican diferencias según la comparación de medias con Tuckey ($p < 0.05$).	68
15. Porcentaje de humedad de semillas de tomate cv saladette secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C), durante los distintos tiempos de muestreo T0: 0 h.; T1: 82 h.; T2: 158 h. y T3: 400 h. Las barras indican la desviación estándar de la media. Las letras al final de las líneas indican diferencias según la comparación de medias con Tuckey ($p < 0.05$).	69
16. Porcentaje de semillas de tomate cv saladette precipitadas (viables), sometidas a secado a temperatura ambiente (C), control positivo (C+), control negativo (C-): semillas sometidas a 120°C por 3 h., en sílica gel (SG), en estufa (E), en distintos tiempos de muestreo T0 (0), T1 (82), T2 (158) y T3 (400) horas.	74
17. Porcentaje de semillas de tomate cv saladette teñidas con sal de tetrazolio (viables); semillas sometidas a secado a temperatura ambiente (C) o control positivo (C+); control negativo (C-, semillas sometidas a 120°C por 3 h.), secadas en sílica gel (SG), secadas en estufa (E); en distintos tiempos de muestreo T0(0), T1(82), T2(158) y T3 (400) horas.	75

18. Porcentaje de semillas de tomate cv saladette germinadas (viables) sometidas a secado a temperatura ambiente o control (C), en sílica gel (SG), en estufa (E), a distintos tiempos de muestreo T0(0), T1(58), T2(158) y T3(400) horas. 77
19. Vigor (%) de las semillas de tomate cv saladette con desarrollo de hojas cotiledonales (arriba) y de hojas verdaderas (abajo), sometidas a secado a temperatura ambiente (C), en sílica gel (SG), en estufa (E), a distintos períodos de tiempo T0 (0), T1(82), T2(158) y T3(400) horas. 81
20. Porcentaje de germinación y vigor (desarrollo y crecimiento de hojas), de las semillas de tomate cv saladette, sometidas a secado a temperatura ambiente (control); a secado en sílica gel (SG) y a secado en estufa (E), G: Germinadas, HC: Hojas cotiledonales y HV: Hojas verdaderas. Durante los muestreos T0, T1, T2 y T3. 84

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de dos sistemas de secado sobre la viabilidad de las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivar Saladette.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el estado de madurez inicial de los frutos de tomate cultivar Saladette, mediante el análisis de firmeza.

Establecer los sistemas de secado (estufa y sílica gel) de las semillas de tomate cultivar Saladette.

Evaluar la viabilidad de las semillas de tomate variedad saladette durante el proceso de secado mediante las pruebas de flotación, tinción con tetrazolio, germinación y vigor (desarrollo de hojas cotiledonales y verdaderas).

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el efecto de dos métodos de secado (utilizando sílica gel y estufa), sobre la viabilidad y vigor de semillas de tomate cv 'saladette', para ello se realizó la curva de humedad de equilibrio de las semillas, determinando contenido de humedad por el método en horno a temperatura alta constante. De acuerdo con los datos obtenidos, la curva de humedad de equilibrio se estableció en valores entre 4 y 5% para las semillas secadas en sílica gel, en cambio las mantenidas en estufa y el control mostraron valores similares entre 7 y 8 %. A pesar de existir esta diferencia en los valores, no se vio reflejada en los análisis de viabilidad (tinción con tetrazolio y flotación), puesto que no se observaron diferencias en estos parámetros entre los tratamientos; sin embargo, en germinación y vigor (desarrollo de hojas cotiledonales y verdaderas), los tres parámetros disminuyeron conforme aumentó el tiempo de secado, además, el porcentaje de hojas cotiledonales y verdaderas fue menor que el de germinación. En general, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de secado, pero, se observó que durante el tercer muestreo, las semillas mantenidas en estufa y en sílica gel mostraron valores mayores en germinación, desarrollo de hojas cotiledonales y verdaderas que el control.

INTRODUCCION

Actualmente, unido al incremento de la población mundial, se presenta una creciente demanda de alimentos. Con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas que se generan en este rubro, se ha elevado la producción de los diferentes cultivos agrícolas, siendo las hortalizas uno de los que presentan un aumento considerable (Macías, 2003; Ferrato y Mondino, 2008).

Por su parte el tomate o jitomate (*Lycopersicum esculentum*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes tanto desde el punto de vista económico como nutricional (Rubén, 1980; Osata, 2003); ocupando el segundo puesto en relación a superficie cultivada en el mundo (Valadez, 1998). China es el mayor productor a nivel mundial con 33,8 millones de toneladas y Estados Unidos el segundo con 12,6 millones de toneladas. En cuanto a la exportación de tomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan los mil millones de dólares (FAOSTAT, 2008).

A México se le considera centro de diversidad y domesticación de *Lycopersicum esculentum* (Jenkins, 1948; Rick y Fobes, 1975; Peralta y Spooner, 2007). México ocupó el décimo puesto en la producción de tomate con 2,93 millones de toneladas (FAOSTAT, 2008), con una proporción del 73 % de la producción total de hortalizas (Borboa- Flores y col., 2009). Este fruto es el principal producto hortícola de exportación, representando el 37 % del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16 % del valor total de las exportaciones agropecuarias, sólo superado por el ganado vacuno (Comisión Veracruzana, 2010)

No obstante la importancia que tiene el cultivo de tomate rojo para México, nuestro país se enfrenta de cara a un problema de escasez de semilla certificada de este vegetal, en tanto la mayoría de la semilla disponible en el mercado es importada, y de un precio elevado, sobre todo en ventas a pequeña escala. Algunos agricultores toman como solución alternativa el guardar las semillas de cosechas previas o intercambiarlas con otros granjeros. De manera que su producción se encuentra en manos del comercio informal, con todas las consecuencias que de ello puedan derivar, como la falta de control de calidad, la variación en precios, la disponibilidad del producto, entre otras (Rosas, 1992). De modo que en la producción de tomate uno de los principales inconvenientes es el suministro adecuado y oportuno de semillas, tal limitación está parcialmente asociada a los sistemas de conservación de las mismas a corto, mediano y largo plazo. (Martínez y col., 2010).

La semilla como tal, es el principal método de almacenamiento para la conservación de las especies que producen semillas ortodoxas, clasificación a la que pertenece el tomate; es decir aquellas que tienen la capacidad de resistir la desecación a contenidos de muy poca

humedad y almacenamientos a muy bajas temperaturas (Martín, 2001; Rao y col., 2007). Por otro lado, las semillas son higroscópicas y absorben o liberan agua dependiendo de la humedad relativa del aire ambiental (Rosso y Defacio, 2009). Así que las semillas recién cosechadas regularmente poseen una humedad elevada, que facilita que sean atacadas por microorganismos e insectos que ponen en riesgo su calidad, viabilidad y vigor (Rao y col. 2007). Considerando esto, un secado adecuado es la clave para conservarlas.

Dado el problema ya mencionado, se hace patente dirigir el esfuerzo tecnológico a la producción de semilla (Productores de hortalizas, 2006). Es de suma importancia contar con semilla de tomate de origen nacional con estándares de calidad garantizados, que posea parámetros predecibles de longevidad y de potencial de vida en almacenamiento, a precios accesibles de manera que la actividad agrícola sea más redituable, y provea de mayor cantidad de alternativas a los agricultores (Rao y col., 2007). Es por ello que el presente trabajo tiene como principal objetivo, evaluar dos métodos de secado y valorar su efecto sobre la viabilidad de las semillas de tomate variedad "Saladette", que se cultivan en el noroeste del país.

ANTECEDENTES

Aspectos Generales del Tomate

Generalidades

El tomate es una planta herbácea que carecía de nombre nativo en la región andina, en tanto que se conocía en la lengua náhuatl de México como “tomatl”, término que es sin duda el origen del nombre moderno (Angarita, 2009). Antiguamente se atribuyeron propiedades afrodisíacas a este fruto, razón por la cual se le dio el nombre de “*poma amoris*”, manzana del amor o “pomi d’ oro”, manzana dorada, término que originó el actual nombre italiano, pomodoro. La razón de este nombre, sin duda, se debe a que los primeros cultivos italianos producían frutos de color amarillo, además inicialmente se prohibió su consumo al ser considerado venenoso por su contenido de solanina, un glico-alcaloide con propiedades toxicas (www.siap.gob.mx; <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp95.htm>).

Con la comercialización y difusión lograda, actualmente forma parte de la dieta alimenticia de varias culturas en el globo terráqueo (Comisión Veracruzana, 2010). De manera que se produce y consume en todo el mundo, tanto fresco como procesado de diferentes formas ya sea como salsa, puré, jugo, concentrado, deshidratado o enlatado, como ingrediente de salsas picantes o dulces, mermeladas, esencia para la elaboración de alimentos entre otros (www.siap.gob.mx).

De acuerdo a Peralta y Spooner, (2000), las especies de tomate silvestre son nativas del oeste de América del Sur, siendo originarias de Ecuador y Perú y distribuidas posteriormente a Colombia, Bolivia y México. Se considera que el tomate fue domesticado en México (Rick y Holle, 1990; Pérez y col., 1997), y se extendió después al viejo continente con la llegada de los españoles y de ahí a todo el mundo (Comisión Veracruzana, 2010). El probable ancestro del jitomate cultivado es *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme* (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995; Sánchez-Peña y col., 2006), caracterizado por tener frutos redondos con diámetros que varían de 1 a 2.5 cm (Martínez, 1979; Rick y Holle., 1990), las diversas exploraciones realizadas indican que *Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme* Dunal se distribuye en los trópicos, subtrópicos y regiones semi-secas de México desde el estado de Sinaloa (Sánchez-Peña y col., 2006), hasta la península de

Yucatán, en una gran variedad de hábitat desde 0 hasta 3 300 metros sobre el nivel del mar (Nevins, 1987; Warnock, 1988).

Morfología y Descripción Botánica del Tomate

El tomate es una planta herbácea de tallo voluble, cuyo fruto es una baya muy coloreada, de forma redondeada y achatada o alargada, típicamente de tonos que van del amarillento al rojo, debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno, posee un sabor ligeramente ácido, mide de 1 a 2 cm de diámetro en las especies silvestres, y es mucho más grande en las variedades cultivadas; presenta una pulpa un tanto gelatinosa, que se haya dividida en lóculos donde se alojan las semillas (www.siap.gob.mx). Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, de acuerdo a sus hábitos de crecimiento se clasifica en cultivares con tallos de desarrollo limitado denominados determinados, y cultivares de crecimiento ilimitado denominados indeterminados (Rosas, 1992; www.infoagro.com).

Esta planta pertenece a la familia de las Solanáceas y a la especie *Lycopersicon esculentum* Mill. Su posición genérica dentro de las Solanáceas ha sido controversial desde el Siglo XVIII, cuando el científico sueco Linneo en 1753 (Linnaeus, 1753), ubicó a los tomates en *Solanum* mientras que el científico inglés Miller (Miller, 1754), los incluyó dentro del nuevo género *Lycopersicon*. Posteriormente la mayoría de los botánicos siguieron la clasificación de Miller (Peralta y Spooner, 2000). La clasificación taxonómica realizada por Foolad (2007), se muestra en la Tabla 1. Aunque de acuerdo a (www.cofrupo.org.mx), se le atribuye la sinonimia de *Lycopersicon esculentum* Mill.

Las solanáceas alimentarias tienen un gran interés cultural y son básicamente plantas de verano, es decir se siembran en la primavera y se cosechan en verano, en este grupo se encuentran el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la berenjena (*Solanum melongena* L.), el pimiento (*Capsicum annum* L.). Son plantas autógamias; en cuanto a la polinización se reduce con temperaturas bajas o por encima de 42 °C (Red de semillas, 2010).

Tabla 1. Clasificación Científica de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i>)	
Reino	Plantae
Subreino	Traqueobinta
Superdivisión	Spermatophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Suborden	Solanineae
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	Lycopersicum
Fuente: Foolad, (2007).	

El sistema radicular de la planta está formado por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias; seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, córtex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Comisión Veracruzana, 2010). En cuanto al tallo principal, es un eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, es anguloso recubierto en toda su longitud de pelos agudos y glándulas perfectamente visibles que desprenden un líquido de aroma característico, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias (Rosas, 1992). Su estructura de fuera hacia dentro, consta de epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o córtex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

La hoja en el tomate es Compuesta, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares, las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos, la epidermis inferior presenta un alto número de estomas y dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos, con haces vasculares prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Comisión Veracruzana, 2010).

En lo que respecta a la flor esta es perfecta, regular y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bioplurilocular. Las anteras que contienen el polen se encuentran unidas formando un tubo

de cuello angosto que rodea y cubre al estilo y estigma; dicho arreglo asegura el mecanismo de fecundación ya que el polen se libera de la parte interior de la antera. A las 24 horas de la apertura de la corola, se inicia la dehiscencia de los estambres, con lo que la fecundación queda asegurada. La germinación del polen es lenta y la fertilización se produce dos días después de su primer contacto con el estigma; las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada, dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal (Rosas, 1992). El fruto de esta hortaliza es una baya carnosas bi o plurilocular, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos aproximadamente, está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. Cada semilla se encuentra cubierta por una substancia mucilaginosa llamada placenta, contenida en cavidades o lóculos, el número de lóculos que contiene el fruto es variable, desde dos lóculos (bilocular), hasta tres o más (multilocular), este número es variable incluso en tomates de la misma variedad cultivada (Rosas, 1992; Comisión Veracruzana, 2010).

Características de la Semilla

En cuanto a la semilla de tomate, Nuez (1995), describe que tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión está formado por la yema apical, dos cotiledones, hipocotilo y radícula (Nome y col., 2007). Es una planta en miniatura en estado de vida latente o letargo, con los tres órganos fundamentales de una planta adulta. La raíz, representada por la radícula en cuyo extremo se encuentra el ápice radical, el tallo, representado por el hipocotilo, que termina en la gémula o plúmula que contiene el ápice caulinar, y las hojas representadas por el o los cotiledones, según sea una semilla monocotiledónea o dicotiledónea (Perissé, 2002; Quer, 1982; Hartmann y Kester, 1971). Se origina a partir del huevo o cigoto, por lo general, es muy pequeño en comparación con otras estructuras, siendo la parte más importante de la semilla, puesto que tiene una función reproductiva, es un eje con la capacidad de crecimiento en dos direcciones, para originar una raíz y un tallo, el embrión es capaz de iniciar divisiones celulares y su crecimiento se origina de estas en diferentes planos de la célula apical (Nome y col., 2007).

La estructura de la cubierta seminal o episperma guarda una estrecha relación con las funciones que desempeña: protección, dispersión y absorción de agua. Es la primera defensa de la semilla contra las condiciones adversas del medio que la rodea, no sólo la protege de las tensiones mecánicas y la invasión de organismos patógenos, sino también de las fluctuaciones de humedad y temperatura, por esta razón, la integridad de la cubierta seminal juega un rol importante en la conservación de la calidad de la semilla, cuando ésta, se rompe los electrolitos se escapan y la semilla se enfrenta al crecimiento de microorganismos, si las estructuras de la cubierta están débiles, también permiten la entrada rápida de agua, conduciendo a heridas por imbibición (Nome y col., 2007). Poco antes de alcanzar la madurez fisiológica, la semilla comienza a deshidratarse en la planta madre, en general, las cubiertas seminales son duras, secas y permeables al agua, recubierta de pelos que envuelve al embrión y al endospermo (Díaz, 2003; Perissé, 2002; Quer, 1982; Hartmann y Kester, 1971). A medida que la semilla madura en la planta madre es común que las capas celulares externas se transformen en esclereidas, como en las leguminosas como por ejemplo en los tréboles (*Trifolium* spp., *Melilotus* spp.), en estas especies, algunas semillas se vuelven impermeables, se les conoce como semillas duras, porque para poder absorber agua durante la imbibición, necesitan de un tratamiento denominado escarificación, que remueve un sector de la cubierta seminal (Nome y col., 2007; Mohamed-Yasseen y col., 1994).

La cubierta seminal esta formada por dos capas, la testa y la endopleura, la capa externa es la testa; que puede ser dura como se mencionó, como una piel, membranosa o carnosa. Sobre la testa se puede reconocer, el hilium, cicatriz o punto de unión de la semilla al funículo, el agua penetra fácilmente a través de él. El micrópilo, orificio del óvulo, a través del cual el tubo de polen entra, raphe, sutura originada por la parte del funículo que está fusionado a lo largo del lado del óvulo; la endopleura es la capa interna, es delgada y generalmente blanquecina (Nome y col., 2007).

El endospermo desempeña una función importante como intermediario, tanto en la nutrición del embrión durante su desarrollo y maduración, como en el crecimiento de la planta en la germinación de aquellas semillas endospermadas. Esta localizado en los cotiledones y es el almacén de energía, los cotiledones se originan del cigoto y son parte del embrión, que se desarrolla absorbiendo todo el endospermo, y ejerce un control hormonal en el crecimiento y diferenciación del embrión y en su ausencia éste generalmente aborta. En la mayoría de las familias está compuesto por células vivas. El endospermo no solo nutre al embrión durante los estados tempranos de su crecimiento y diferenciación (embriogénesis), sino que además puede restringir físicamente la emergencia de la radícula

(germinación) como ocurre en el tomate (*Lycopersicon esculentum*) y la lechuga (*Lactuca sativa*) (Nome y col., 2007).

Importancia de Color y Firmeza en Tomate

En lo concerniente a los principales atributos físicos de calidad en los alimentos destacan el color, la textura y el sabor constituyendo normalmente las bases de aceptación o de rechazo por parte de los consumidores, en especial las dos primeras características. La madurez óptima de los tomates está asociada con el desarrollo del color y del sabor; siendo el color una característica de calidad extremadamente importante, determinante en la aceptación del fruto y el índice de valor económico, al ser un indicador de la madurez y vida post cosecha (Campos y col., 1997).

La firmeza es otra característica fundamental para la aceptación del fruto y su posible almacenamiento, su valor dependerá del momento de recolección y de la temperatura de almacenamiento. Puede relacionarse la textura con el color externo del fruto, la evolución del color de la piel y la firmeza una vez recolectada la fruta son paralelas, de forma que al conocer la variación del color con el tiempo, se puede predecir la variación de la firmeza y viceversa, el cambio de firmeza es más acusado cuanto más alta es la temperatura de almacenamiento (Valero y Ruíz, 1998). García y col., (2009), señalan que la firmeza de los frutos está determinada por varios compuestos que integran la pared celular, entre los que destacan los pectatos de calcio y de magnesio. En la Figura 1, se muestra, como se comporta la fuerza empleada para realizar la penetración de un vegetal, y como se modifica de acuerdo al estado de madurez en que se encuentre, puede observarse una disminución de la fuerza de punción en los diferentes estadios ensayados, debido a que se requiere más fuerza para lograr la penetración de un fruto en crecimiento (inmaduro), que de uno más maduro (Bourne, 1994).

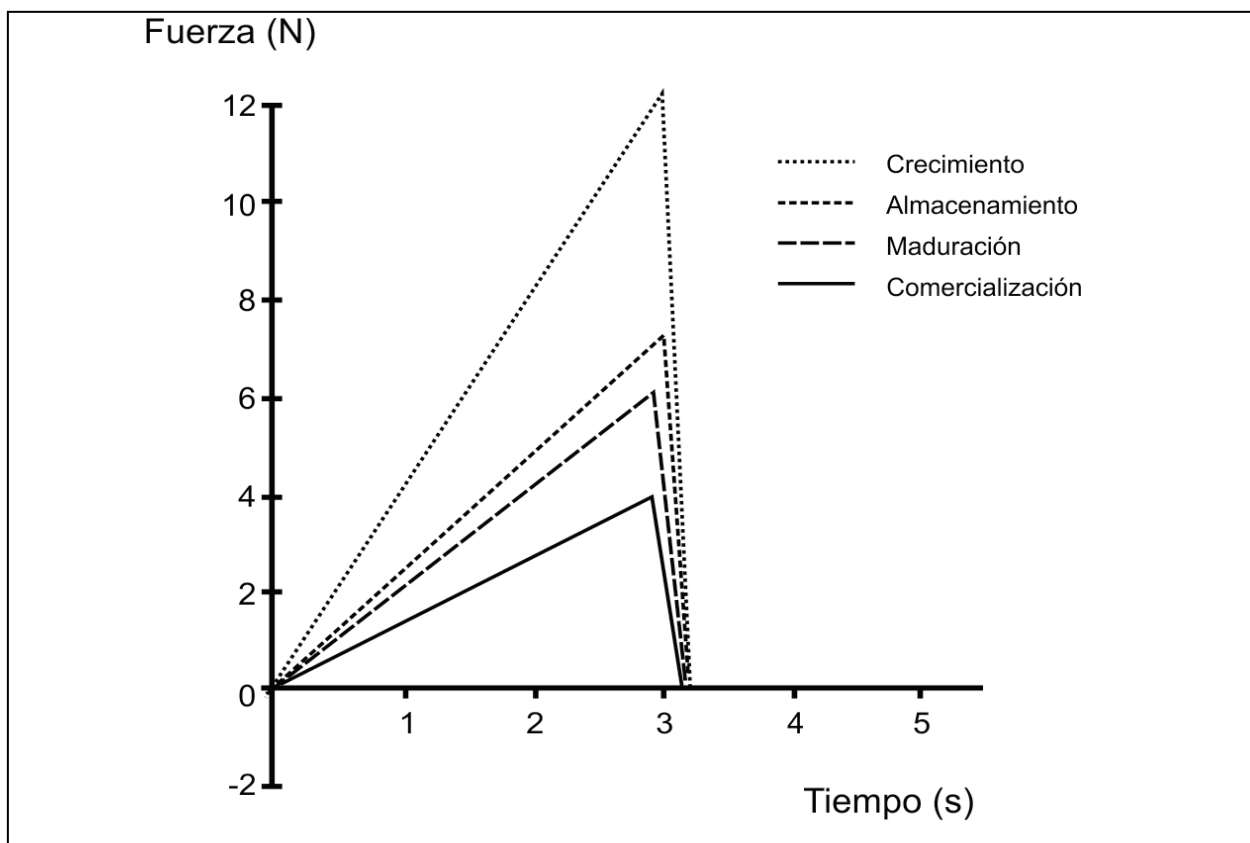


Figura 1. Firmeza (N) de tomate en diferentes estados de madurez.

Fuente: Bourne, 1994.

Clasificación del Tomate

Características físicas. Se han utilizado distintas clasificaciones del tomate según su forma, su madurez y su color (www.sagarpa.gob.mx), para ello se destacan características como color de la piel, forma del fruto, el tamaño, y la cantidad de celdas o carpelos. La clasificación por tamaño varía de acuerdo a la región, exigencias del mercado y características de la variedad del tomate; una selección usual partiendo de esta característica consiste en clasificarlo en tamaño chico, menos de 4 cm en su diámetro transversal mayor, tamaño mediano, entre 4 y 7 cm en su diámetro transversal mayor y tamaño grande, más de 7cm en su diámetro transversal mayor (www.cofupro.org.mx), otra clasificación es de acuerdo a la forma que presenta el tomate puede ser de 5 tipos, denominados del más pequeño al más grande: cherry, "Saladette", tipo pera, bola estándar y

bola grande. En base a su madurez, según el número de días transcurridos entre la siembra y la cosecha, el tomate puede ser de madurez temprana aquellos que se cosechan de los 55-65 días, los de mediana madurez cosechados entre 66 a 80 días y los que requieren de mayor tiempo de maduración, con más de 80 días. Existe una clasificación en función del color en donde se describe al tomate como: verde lima, rosa, amarillo, dorado, naranja y rojo (www.sagarpa.gob.mx). En el mercado comercializan algunas variedades principales de tomate las más importantes son: Cherry (Cereza), "Saladette" (Roma), Pera, Beef, Tipo marmande, Tipo vemone, Tipo moneymaker, Tipo cocktail, Tipo larga vida, Tipo liso, Tipo ramillete (www.sagarpa.gob.mx), (www.infoagro.com).

Características químicas del tomate. Levy y Sharoni (2004), señalan que el principal carotenoide en el tomate, es el licopeno y esta presente aproximadamente de (30-100 µg/g). Aunque no es considerado un nutriente esencial, varias investigaciones han revelado que protege al cuerpo humano contra el daño oxidativo de lípidos, proteínas y ácido desoxirribonucleico, además de ser la base molecular para la síntesis de los restantes carotenoides. En la tabla 2 se muestra el contenido distintos componentes químicos, por cien gramos de tomate (<http://alimentos.gratis.es/tomate/>).

El licopeno (Figura 2), es de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono y un gran número de dobles enlaces conjugados (Candillas y col., 2005; Lewinsohn y col., 2005). La absorción en el organismo humano de este carotenoide, es mayor cuando se consume con aceite por ser liposoluble (Ahuja y col., 2006), se le encuentra en el plasma en proporción de (30 µg/dl) y en tejidos (Unlu y col., 2007; Moussa y col., 2008).

Tabla 2. Composición química del fruto del tomate		
TOMATE		
contenido medio por 100 grs. De tomate		
Contenido	Unidad	Total
Energía	Kcal	23.3
Proteína	gr	0.875
Hidratos de Carbono	gr	3.5
Fibra	gr	1.4
Grasa total	gr	0.21
Alcohol	gr	0
Colesterol	mg	0
Agua	gr	93.41
Parte comestible	%	94
Calcio	mg	10.6
Hierro	mg	0.7
Yodo	µg	2.2
Magnesio	mg	8.3
Zinc	mg	0.16
Selenio	µg	0.985
Sodio	mg	9
Potasio	mg	242
Fósforo	mg	24
Vit E tocoferoles	µg	0.89
Vit B1 Tiamina	mg	0.07
Vit B2 Riboflavina	mg	0.04
Eq Niacina	mg	0.9
Vit B6 Piridoxina	mg	0.13
Ac Fólico	µg	28.8
Vit B12 Cianocobalamina	µg	0
Vit C Ac Ascórbico	mg	26.6
Retinol	µg	0
Carotenoides (eq β carotenos)	µg	1302
Vit A Eq Retinol	µg	217
Vit D	µg	0
Fuente: http://alimentos.gratis.es/tomate/ .		

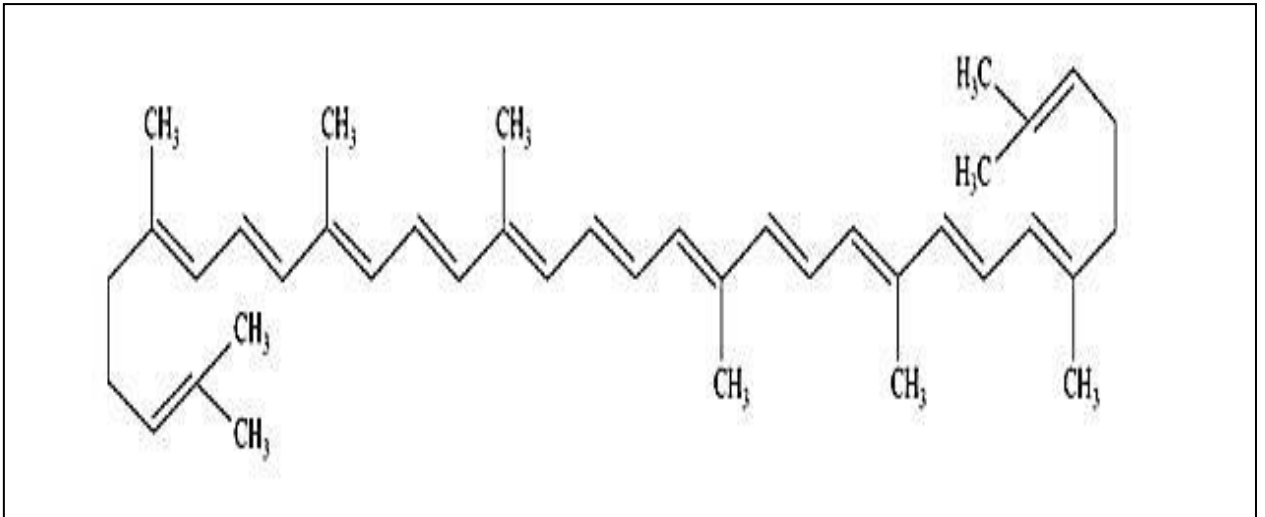


Figura 2. Estructura del licopeno.

Fuente: Candillas, 2005; Lewinsohn y col, 2005.

Plagas y Enfermedades del Tomate

Para productores y comercializadores de tomate, es crucial conocer e identificar la vulnerabilidad del fruto a las diferentes plagas y enfermedades y tener un manejo integrado con un panorama más completo del cultivo de esta hortaliza, que permita al productor el acceso a mercados de exportación sujetos a estrictos controles de calidad fitosanitaria. Este manejo incluye distintas estrategias de control biológico, químico, cultural y mecánico; siendo indispensable el conocimiento de características de especies perjudiciales de cada zona de cultivo, incluyendo aspectos morfológicos (formas adultas y estados inmaduros) y biológicos (daño, monitoreo y manejo) (Productores de hortalizas, 2006).

El control de plagas se realiza principalmente utilizando fungicidas, algunos utilizados en tomate fresco son Azoxystrobin, Benomyl, Captan, Chlorotalonil, Difenconazole, Fenbuconazole, Folpet, Iprodione, Mancozeb, Metaxil, Penconazole entre otros (Sandoval, 2004). Varias recomendaciones sobre manejo integrado de enfermedades, contribuyen para disminuir las aplicaciones de agroquímicos, algunas de las más importantes se basan en el uso de diversas prácticas (Colombo, 2003); entre las que se encuentran el control de los factores ambientales predisponentes (temperatura y humedad principalmente); el manejo del cultivo siguiendo principios fitosanitarios: como eliminar los brotes chicos con la mano, sacar los restos vegetales en bolsas fuera de los invernaderos, desinfectar el suelo, limpiar las herramientas, eliminar las primeras plantas afectadas; para ello se recomienda el uso de

cultivares resistentes, el control de hospedantes alternativos (malezas) y el monitoreo permanente del cultivo. El cultivo de tomate se ve afectado por varias plagas y enfermedades, las principales plagas se pueden clasificar en insectos, ácaros y nemátodos, mencionados en la Tabla 3. En cuanto a las principales enfermedades se enlistan en la Tabla 4 y éstas son ocasionadas por bacterias, hongos y virus. (Guía productores de hortalizas, 2006).

Tabla 3. Clasificación de las principales plagas que afectan al tomate.

Plagas que afectan al Tomate			
Tipo	Insectos	Ácaros	Nemátodos
Chupadores	Áfidos (Pulgón)	Acaro Blanco	
	Mosca Blanca	Araña Roja	
	Paratrioza		
	Trips		
Masticadores	Orugas		
	Gusanos		
Minadores	Minador de la Hoja		Nemátodo de la Raiz

Fuente: Guía productores de hortalizas, 2006. www.hortalizas.com

Tabla 4. Principales enfermedades de origen bacteriano, fungosas y virales que afectan al tomate

Principales Enfermedades que afectan al Tomate		
Bacteriales	Fungosas	Virales
Cáncer Bacteriano	Antracnosis	TMV
Mancha Bacteriana	Cáncer del Tallo	ToMV
Mancha Negra del Tomate	Cenicilla	TYLCV
Marchitez Bacteriana	Fusarium	TSWV
	Mancha gris de la Hoja	DMV
	Moho gris	PVY
	Moho Blanco	TBSV
	Tizón Temprano	
	Tizón Tardío	
	Verticillium	

Fuente: Guía productores de hortalizas, 2006. www.hortalizas.com

Producción de Tomate

Se considera que a nivel mundial, la producción de hortalizas y frutas ocupa el segundo lugar dentro de los productos agropecuarios, apenas aventajadas por los cereales; dos hortalizas, la papa y el jitomate, contribuyen con el 50 % de esa producción, de manera que el tomate es la segunda hortaliza que más se cultiva en el mundo lo que señala el enorme valor que este cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial (Macías, 2003; Comisión Veracruzana, 2010).

Al hacer una comparación de la producción de tomate en el mundo, se aprecia que se ha triplicado al pasar de casi 28 millones de toneladas en el año 1961, a más de 100 millones de toneladas en el año 2000 (Macías, 2003).

Producción mundial. La producción de tomate rojo a nivel mundial, para el año 2010, fue de un total de 145, 751,507 toneladas, en donde México contribuyó con 2, 997,640 de toneladas ubicándose en el lugar número 10 de un total de 20 países registrados como se muestra en la Tabla 5. China es el mayor productor a nivel mundial con una cifra que alcanza las 41, 879,684 de toneladas, con un poco más de 12,000,000 de toneladas los Estados Unidos ocupan el segundo puesto y la India con 11,902,000 de toneladas se encuentra en el tercer sitio, le siguen Egipto, Turquía, Italia, Irán, España, Brasil y México (www.fao.org). En la misma tabla, se enlistan los principales países productores de tomate rojo a nivel mundial, así como la cantidad y valor de producción de tomate.

Producción nacional. En lo que corresponde al lugar que ocupa la producción de tomate rojo, con respecto a otros productos en México, este se coloca en el lugar número 8, después de la carne de res, de la carne de pollo, de la leche entera de vaca, los huevos, la carne de puerco, el azúcar y el maíz.

En México el jitomate se produce principalmente en diez estados, entre ellos destacan Sinaloa, Baja California, Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco, que producen el 75 % del total; a su vez, son las entidades con mejores rendimientos (Chauvet y Massieu, 2010).

Tabla 5. Principales países productores de tomate rojo y valor de la producción para el año 2010, unidades expresadas en toneladas métricas (TM).

No.	Área	Producción (Int \$1000)	Producción (TM)
1	China	15477223	41879684
2	Estados Unidos de América	4768114	12902000
3	India	4427265	11979700
4	Egipto	3157920	8544990
5	Turquía	3157628	10052000
6	Italia	2226549	6024800
7	Iran	1942469	5256110
8	España	1556862	4312700
9	Brasil	1364178	3691320
10	México	1107819	2997640
11	Uzbekistan	867366	2347000
12	Rusia	739128	2000000
13	Nigeria	687610	1860600
14	Ucrania	674343	1824700
15	Grecia	519680	1406200
16	Portugal	519643	1406100
17	Marruecos	472210	1277750
18	Siría	427326	1156300
19	Túnez	406520	1100000
20	Iraq	374434	1013180

Fuente: FAOSTAT, 2010 www.fao.org

En la Tabla 6, se observa tanto el volumen como el valor de la producción de los principales alimentos producidos en México en el año 2010 (FAOSTAT, 2010, www.fao.org).

El tomate en nuestro país es un producto competitivo que cuenta con un mercado sólido, tanto en el interior del país como en el exterior, además tiene posibilidades de expansión (Chauvet y Massieu, 2010). La producción de jitomate es cíclica, es decir, en el periodo comprendido de invierno a primavera se obtiene el 75 % de la producción anual y en el de verano a otoño el 25 % restante.

Los datos de volumen de producción y su valor para el período 2004-2008 en los principales estados productores de la República Mexicana se enlistan en las Tablas 7 y 8 respectivamente.

Tabla 6. Principales alimentos producidos en México con el valor de la producción y la cantidad de toneladas métricas (TM) para 2010.

Mercancía	Producción	Int \$1000)	Producción	(MT)
Carne de ganado bovino		5278516		1954010
Carne de pollo		3811428		2675800
Leche de vaca entera y fresca		3331782		10676700
Huevo de gallina con cáscara		1975090		2381380
Carne de ganado porcino		1804229		1173680
Caña de azúcar		1655694		50421600
Maíz		1432809		23301900
Tomate		1107820		2997640
Chile y pimiento verde		1099484		2335560
Mango y guayaba				1632650
Naranja		783010		4051630
Aguacate		767204		1107140
Lima y limón		749904		1891400
Frijol seco				1156250
Plátano		592371		2103360
Trigo		554242		3676710
Fresa		307637		226657
Maíz verde		272955		659600
Café verde		272673		253800
Cebolla seca		265937		1266170

Fuente: FAOSTAT, 2010. WWW.FAO.org

Producción nacional de tomate “Saladette” y de tomate bola. En lo que respecta a las diferentes variedades de tomate rojo y la cantidad cosechada en el territorio Mexicano, El tomate rojo tipo “Saladette” es la principal variedad producida en el período 2004 - 2008, como se puede observar en la Tabla 9, representando el 56 % del total, en segundo lugar se encuentra el jitomate bola, cuyo volumen de producción alcanza el 14 % del total. En la Tabla 10, se aprecia la producción nacional en el período 2004-2008 de tomate bola y tomate “Saladette”, en los estados que tuvieron mayor volumen de cosecha de esas variedades, son importantes los jitomates de tipo importación y de invernadero, debido a los rendimientos y precios que ofrecen (Chauvet y Massieu, 2010).

Tabla 7. Relación de los estados de la República Mexicana que tuvieron la mayor producción de tomate rojo en el período 2004-2008.

PRINCIPALES ESTADOS EN MEXICO POR PRODUCCION DE TOMATE ROJO (Toneladas)					
ESTADOS	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	991,113.1	845,477.18	783,314.03	827,010.94	782,909.5
Baja California	294,076.06	262,457.52	216,000.04	196,388.03	206,257.11
Michoacán	162,476.07	150,730.08	134,177.84	224,897.88	175,702.64
San Luis Potosí	125,122.75	162,052.7	120,120	120,289.4	139,653
Jalisco	109,929.87	117,500.45	87,533.64	141,796.28	122,420.73
TOTAL	2,314,629.9	2,246,246.34	2,093,431.59	2,425,402.77	2,263,201.65

Fuente: www.siap.sagarpa.gob.mx

Tabla 8. Valor de la producción para tomate rojo de los estados con mayor producción en México.

PRINCIPALES ESTADOS EN MEXICO POR VALOR DE LA PRODUCCION DE TOMATE ROJO (Pesos)					
ESTADOS	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	4,126,266,450	2,939,846,928.52	2,972,872,280	3,127,840,800	4,099,622,150
Baja California	4,328,221,879.88	1,575,856,130.13	1,995,815,394.94	1,145,874,361.22	1,090,450,230.49
San Luis Potosí	808,836,987.5	614,072,200	732,133,600	565,825,840	834,142,600
Jalisco	825,324,528	611,872,181	803,493,414	842,950,558.82	571,889,916.52
Michoacán	757,314,119.42	467,065,774.09	666,755,530.28	695,526,076.81	564,045,266.64
TOTAL	14,374,884,132.36	9,914,273,072.69	12,314,414,213.75	11,527,680,037.4	12,699,612,987.4

Fuente: www.siap.sagarpa.gob.mx

Tabla 9. Producción (toneladas) por tipo de tomate rojo en México					
Producción por tipo					
TIPOS	2004	2005	2006	2007	2008
Cherry	54,592.17	59,106.90	44,479.80	36,017.08	34,846.54
Cherry (orgánico)	683.5	2,797.39	2,908.6	4,060.93	5119.16
Rojo (jitomate)	3,800	350	18,118	6,007.50	22,800.99
orgánico					
Rojo (exportación)	282,801.10	258,510.50	248,378.75	265,145.95	297,828.44
Rojo (industrial)	26,100	200	35466	15,272	27,572.18
Rojo (jitomate)	805,615.95	561,214.62	396,274.51	374,362.80	316,679.28
Bola					
Rojo (jitomate)	10,639.76	25,729.80	36,038.60	42,306.30	54,196.10
invernadero					
exportación					
Rojo (jitomate)	34,483.79	40,469.38	99,494.36	226,927.52	207,456.58
invernadero					
Rojo (jitomate)	286,860.91	275,423.38	214,017.92	136,272.44	18,298.66
rio grande					
Rojo (jitomate)	1,923	545	3,517	3,978.50	2,829
Roma					
Rojo ("Saladette")	783,505.58		994,737.85	1,315,051.75	1,273,964.72
Rojo(semilla)	1.4	2.45	4.94	10.28	3
Rojo (semilla)	0	2.75	0	0.00	0
invernadero					
Rojo invernadero	0	0	0	0.00	1,610
(mata sombra)					
Rojo (jitomate)	23,624.14	13,030	0	0.00	0
sin clasificar					
Verde	722,546.69	553,720.87	805,581.26	720,870.67	608,723.75
Verde	88	148	140	4,079	745
(orgánico)					
Fuente: www.siap.sagarpa.gob.mx					

Tabla 10. Valor de la producción de tomate bola y tomate “Saladette” en los principales estados productores de México en el período 2004-2008.

Año	2004		2005		2006		2007		2008	
Estados	TB	JS	TB	JS	TB	JS	TB	JS	TB	JS
Aguascalientes	15.3 4	-----	12.3	----- -	12.4 8	-----	8.42	-----	-----	-----
Baja California	0.34	32.1 1	0.44	31.5 6	0.2	27.6 9	65.32	28.4	62.08	33.1
Veracruz	22.8 6	-----	24.02	----- -	42.4	-----	75.32	-----	52.13	-----
Baja California Sur	46	28.3 4	49.45	44.2 9	42.7 1	38.8 2	30.18	46.63	40.91	33.8
Sinaloa	320. 27	346. 8	204.3	358. 61	208. 4	277. 3	54.53	499.1	37.85	514
Coahuila	21.3 9	-----	25.83	----- -	0.18	-----	50.76	-----	33.04	-----
Durango	2.85	-----	3.07	----- -	0.17	-----	7.87	-----	21.22	-----
Tamaulipas	42.5 7	8.24	46.72	12.1 3	39.4 5	11.5 7	19.86	40.14	19.28	27.5
Sonora	49.4 3	-----	26.87	----- -	17.7 5	-----	26.14	-----	10.51	-----
Jalisco	15.0 7	67.3 1	5.51	59.8	4.23	38.0 1	10.22	48.73	9.21	41.1
Michoacán	-----	132. 4	-----	131	-----	113. 12	-----	199.9	-----	162
Nayarit	-----	19.8 4	-----	51.9 8	-----	47.2 6	-----	41.16	-----	49
San Luis Potosí	-----	105. 6	-----	159. 89	-----	107. 9	-----	104	-----	112
Morelos	-----	-----	-----	----- -	-----	70.0 1	-----	57.59	-----	63.6
Zacatecas	-----	-----	-----	34.8 4	-----	98.2 4	-----	77.37	-----	49.7
Total	536. 12	740. 6	398.5	884. 1	368	829. 92	348.6	1143	286.2	1085

Fuente: www.siap.gob.mx

Producción regional. Para el estado de Sonora la producción de tomate rojo para el ciclo 2010, fue de 60, 131.19 toneladas, con una superficie sembrada de 1,732 hectáreas, una superficie cosechada de 1, 708.00 hectáreas y un valor de la producción de 374,018.93 de pesos (www.siap.gob.mx).

Exportación a nivel mundial. México se encuentra colocado como primer exportador de tomate rojo a nivel mundial para 2009, como se observa en la Tabla 11, se produjeron 1, 136,300 toneladas; seguido por Holanda con 976,435 y España con

829,540. En México en datos registrados para el año 2009, el tomate rojo ocupó el tercer lugar en volumen de exportación, después de la cerveza de raíz y del trigo (FAOSTAT, 2009. www.fao.org).

Tabla 11. Cantidad y valor de la producción de tomate en los principales países exportadores del mundo para el año 2009

Rank	País	Cantidad (Ton)	Valor (1000 \$)	Valor Unit. (\$/ton)
1	México	1136300	1210760	1066
2	Holanda	976435	1569150	1607
3	España	829540	1079170	1301
4	Turquía	542259	406505	750
5	Jordania	431713	169004	391
6	Marruecos	410118	303672	740
7	Estados Unidos	241065	316743	1314
8	Bélgica	200483	238533	1190
9	Francia	196149	298657	1523
10	EU(27)ex.int	166500	261716	1572
11	Canadá	152784	296271	1939
12	China	108079	41213	381
13	Portugal	106559	33179	311
14	India	105557	21340	202
15	Italia	93185	204407	2194
16	Polonia	72385	71551	988
17	Ucrania	69416	45825	660
18	Tajikistan	60000	37000	617
19	Azerbaijan	44627	20630	462
20	Macedonia	42919	24011	559

Fuente: FAOSTAT, 2009. www.fao.org

Consumo nacional de tomate. En México, como en otras partes del mundo, se prefiere consumir el tomate fresco, pero también se consume industrializado utilizándolo para elaborar productos como pastas, salsas, purés, jugos, entre otros. Gracias a los avances tecnológicos usados en el procesamiento y a las modificaciones en los gustos y costumbres de las nuevas generaciones, se exige calidad en cuanto a su distribución y venta en fresco, determinando y condicionando nichos de mercado (Comisión Veracruzana, 2010).

La demanda de tomate en México es igual al consumo nacional de tomate. El consumo nacional en el año de 1996 fue de 1,242,273 toneladas; para el año de 1997 el consumo aumentó a 1,255,522 toneladas; en el año de 1998 el consumo nacional también aumentó a 1,366,733 toneladas, alcanzando su punto cúspide en el año de 1999 con un volumen de

1,756,193 toneladas; para el año 2000 el consumo nacional disminuyó a 1,434,481 toneladas (Figura 3).

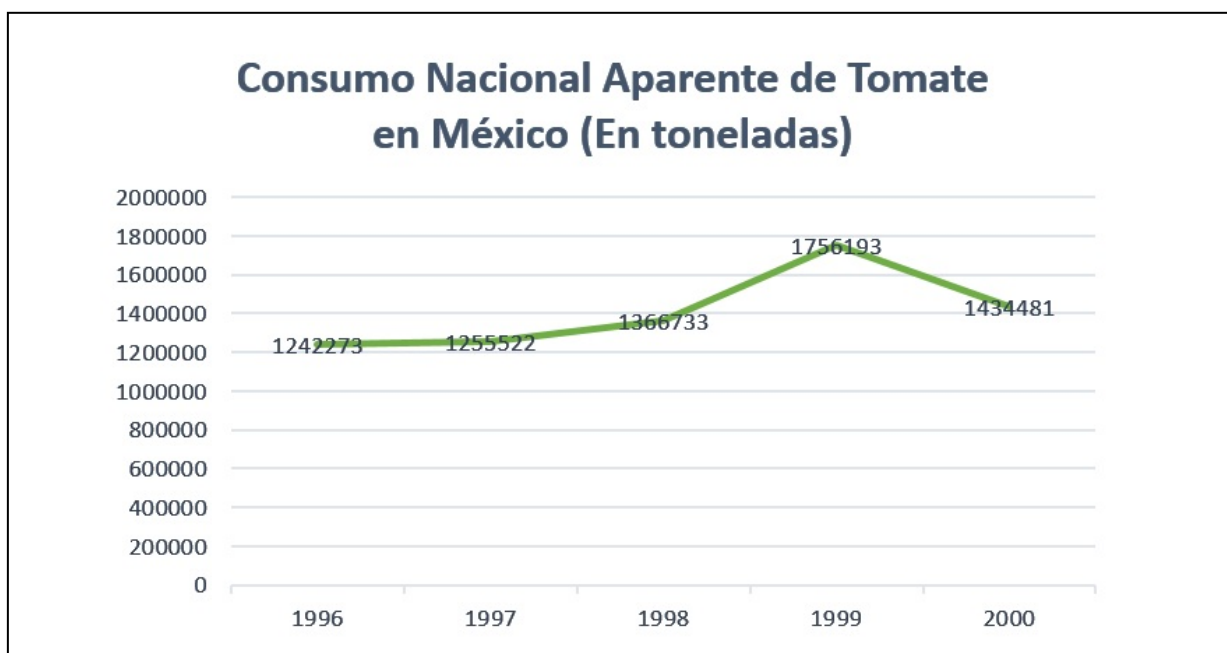


Figura 3. Consumo nacional aparente de tomate en México.

Fuente: (FAOSTAT, 2002; INEGI, 2002; SIACON, 1980-2001).

El aumento en el consumo nacional, obedece a la disminución de las exportaciones, que trajo como consecuencia que una proporción de la producción de exportación se canalizara al mercado interno, ejerciendo presiones a la baja de los precios del tomate (COFUPRO. www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit32.pdf).

El consumo *per cápita* de tomate en México ha observado una tendencia a la baja en los últimos años, a excepción de 1999, año en el cual la demanda interna aumentó. El consumo *per cápita* ha evolucionado de la siguiente manera: para el año de 1996 el consumo *per cápita* fue de 16.4 Kg. / persona; para 1997 fue de 16.5 Kg. / persona; para 1998 el consumo *per cápita* fue de 13 Kg. / persona; en el año de 1999 fue de 16.7 Kg. / persona y para el año 2000 fue de 13.9 Kg. / persona (Figura 4) (COFUPRO. www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit32.pdf).

Tomando en cuenta la importancia del cultivo de tomate es de gran utilidad conocer las formas en que este vegetal se propaga, ya sea por reproducción vegetativa, microinjerto o por medio de semilla.

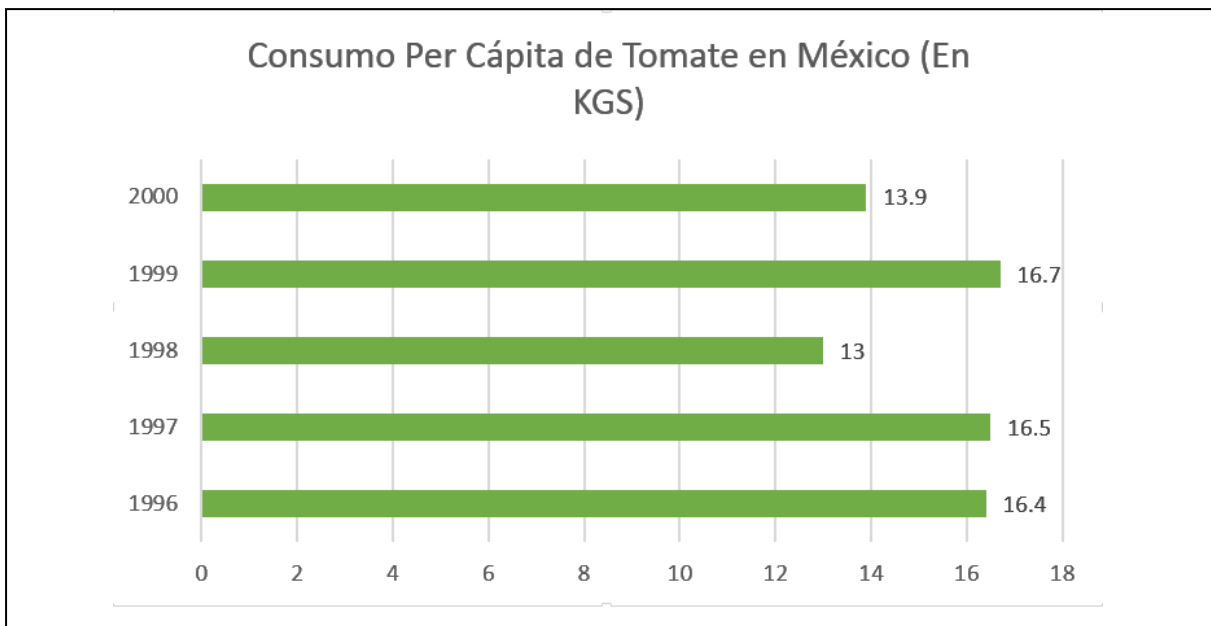


Figura 4. Consumo per cápita de tomate en México.

Fuente: (FAOSTAT, 2002).

Propagación del Cultivo de Tomate

Los vegetales poseen dos mecanismos diferentes de reproducción o propagación: la sexual y la asexual. El primero, es el más común, involucra órganos y células especializadas para ese fin, inician el proceso de reproducción en una etapa determinada de su ciclo de vida normal y es la unión de dos células sexuales o gametos (Vargas, 1982). La reproducción asexual es la obtención de nuevas plantas mediante el empleo de partes vegetativas de la planta madre, esto es posible porque cada célula contiene la información genética necesaria para generar la planta entera (Hartmann y Kester, 1988).

La propagación del cultivo de tomate, regularmente se lleva a cabo por medio de semilla a través de la utilización de almácigo, pero también es posible realizar la propagación por medio de reproducción vegetativa o de microinjerto *in vitro*. La semilla de tomate una vez que ha recibido la limpieza y si se requiere un pretratamiento, se siembra en almácigo, y después se trasplanta, de preferencia en el lugar definitivo para el cultivo (Contreras y Almeida 2003).

Semilla

La semilla es una estructura viva en estado de reposo aguardando las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo. Es la fase de la vida de las plantas mejor adaptada para resistir condiciones ambientales adversas, su principal función es dispersar y reproducir la especie en el espacio y el tiempo (Red de Semillas, 2010). En cuanto a la madurez adecuada de la semilla ha de ser tanto morfológica como funcional, lo que implica que no solo sus estructuras deben estar bien desarrolladas, sino también requiere que se hayan completado los cambios fisiológicos necesarios, hasta alcanzar su plena madurez, que algunas veces incluye la pérdida de sustancias inhibitoras o la acumulación de sustancias promotoras de la germinación (Red de Semillas, 2010).

Idealmente, las semillas se deben coleccionar cuando alcanzan la madurez óptima, es decir, cuando su vigor, tolerancia a la desecación y longevidad se encuentran en los niveles más altos. Como es difícil monitorear estas características en el campo, se pueden usar indicadores visuales para realizar valoraciones preliminares, como los cambios en el color del fruto, el color de la semilla o la formación de capas negras (en los cereales) (Rao y col., 2007). Estos cambios se correlacionan bien con el logro de la madurez, aunque no necesariamente con la máxima longevidad, en los frutos carnosos, la madurez viene acompañada de cambios de color generalmente de verde a amarillo, café o rojo. En el tomate, el color rojo del fruto indica que la mayoría de las semillas está en su máxima longevidad, cuando los frutos son verdes, rosados-amarillos o muy maduros probablemente no han madurado o se han pasado de madurez y Las semillas son de mala calidad (Rao y col., 2007), en general si están recién coleccionadas tienen un contenido de humedad alto del (10-20 %) y son susceptibles de contaminarse con hongos o bacterias. Los frutos y las semillas húmedos tienen altas tasas de respiración, cuando el oxígeno se reduce debido a una aireación inadecuada, se fermentan, generando calor, que deteriora el material coleccionado. Para realizar la propagación del cultivo de tomate, por medio de semilla y lograr tener una buena calidad en el momento de la cosecha, son vitales ciertas condiciones climáticas favorables, durante los períodos de precosecha y postmaduración (Rao y col., 2007).

Para obtener las semillas en los frutos pulposos (como el tomate y el pepino), normalmente, se extraen las semillas cuidadosamente con la mano, luego se lavan al chorro de agua corriente para retirar la pulpa y el mucílago, se dispersan formando una capa delgada para maximizar la aireación y se dejan secar a la sombra. Es importante secar las semillas en recipientes permeables a la humedad como bolsas de algodón o papel, asegurándose de

que el aire circule libremente entre ellas y a través de ellas; para secarlas aún más, se utilizan desecantes como el gel de sílice (la proporción recomendada de semillas por gel de sílice es de 3:2 a 1:1). Después de este proceso, las semillas pueden almacenarse y/o cultivarse (Rao y col., 2007).

Método de Reproducción Vegetativa

Este método regularmente se utiliza en especies vegetales cuando la propagación sexual no es posible, porque los frutos presentan muy poca o ninguna semilla (Espinosa y col., 2005). La reproducción puede ocurrir mediante la formación de raíces y tallos adventicios o con la unión de partes vegetativas (Hartmann y Kester, 1988), puede realizarse por medio de acodos, injertos, estacas, de yemas, de hojas y de tallo, ya sea de madera dura, de especies deciduas o de especies siempreverdes; de madera semidura y herbáceas (Prieto, 1992). Se recurre a este método sobre todo en el caso de las semillas recalcitrantes, donde, la conservación de los genotipos se realiza mediante el mantenimiento de plantas vivas o mediante el cultivo in vitro de ápices caulinares o de nudos (Scocchi y Rey, 2007).

Se ha utilizado el método de reproducción vegetativa para propagar tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav.); Espinosa y col., (2005), utilizaron estacas leñosas de 8 a 10 cm de longitud, logrando que 5 estacas de 25 sembradas enraizaran y sólo 2 plantas sobrevivieron al ser trasplantadas a maceta.

Micropropagación

Existen diversas alternativas de conservación, que van desde el tradicional banco de semillas hasta el mantenimiento de áreas de reserva. Sin embargo, en muchos casos esto no es posible, en otros, resulta sumamente costoso y los riesgos de pérdida por manipulación o desastres naturales son muy altos; de manera que se han desarrollado nuevas estrategias para conservar y propagar los recursos genéticos en forma más eficiente (Scocchi y Rey, 2007). Algunos métodos utilizados para este propósito son “*in situ*” como las colecciones de plantas en campo, viveros, jardines botánicos. Otros métodos de conservación de germoplasma son “*ex situ*”, mediante el cultivo in vitro de tejidos (Scocchi y Rey, 2007).

Las primeras experiencias relacionadas al cultivo de tejidos vegetales se remontan a 1902, pero recién en 1922 se logró el primer experimento exitoso: germinación *in vitro* de semillas de orquídea. Luego de la germinación, las plántulas que se obtuvieron se transfirieron a un medio de cultivo en condiciones asépticas y así se mantuvieron protegidas del ataque de patógenos (hongos, virus y bacterias) (Albarracin, 2011). En 1980 se reconoció el potencial de los métodos del cultivo *in vitro* para la conservación de especies de plantas con semillas recalcitrantes (Scocchi y Rey, 2007).

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, es una técnica de reproducción en condiciones totalmente asépticas, en la que a partir de un pequeño segmento inicial de tejido, es posible regenerar en poco tiempo miles o millones de plantas genéticamente iguales a la planta madre, cuando a este tejido se le aplica un estímulo por medio de variables físicas y químicas controladas en un medio de cultivo (Albarracin, 2011). A diferencia de las técnicas tradicionales de cultivo, esta poderosa herramienta permite la propagación de grandes volúmenes de plantas en poco tiempo; así como el manejo de las mismas en espacios reducidos. Por otro lado, la técnica es de gran utilidad en la obtención de plantas libres de patógenos, en la producción de plantas en peligro de extinción y en estudios de ingeniería genética, entre otras (Albarracin, 2011). Dependiendo de las características de la planta que se pretende propagar y del objetivo perseguido, la micropropagación puede realizarse a través de tres vías de regeneración, brotación de yemas adventicias preexistentes, producción de yemas de novo y embriogénesis somática (Olmos y col., 2010). La micropropagación es muy utilizada en los procesos de mejoramiento genético, pero sin embargo, la utilización de las semillas es parte fundamental para preservar la especie.

El mejoramiento genético de tomate requiere, contar con un sistema eficiente de micropropagación y regeneración *in vitro*; un sistema así, es afectado por el tipo y edad del explante inicial, y la adecuada combinación de las fitohormonas empleadas (Cruz y col., 2009). Ventura y col. (2005), realizaron la propagación *in vitro* de plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot), con tolerancia a enfermedades de tipo viral con el objetivo de implementar su producción a escala masiva, obteniendo los mejores resultados en el cultivo de cotiledón. Se realizó también el establecimiento de un sistema de micropropagación *in vitro* de tomate (*Solanum Lycopersicum*) cv. Micro-tom, a partir de explantes foliares obtenidos de plántulas germinadas *in vitro*, (Cruz y col., 2009).

Por otra parte Florido y col. (2009), llevaron a cabo una investigación, en donde evaluaron la tolerancia al calor en tomate en una muestra representativa de germoplasma de (*Solanum lycopersicon*) conservado en Cuba, mediante la valoración *in vitro* de la viabilidad celular; realizaron una clasificación de las diferentes variedades de tomate y su tolerancia al calor.

Se han realizado modificaciones biotecnológicas diversas en tomate, encaminadas a obtener mejores características de los frutos, tanto en las propiedades organolépticas como nutricionales, algunas para prolongar la vida útil post-cosecha de los frutos, de manera que se retarda su maduración utilizando técnicas de control de etileno, también se ha logrado obtener tomate con una cantidad tres veces mayor del antioxidante licopeno que las variedades convencionales, así como el aumento de antocianinas; además se han obtenido tomates que contienen 30 % menos de agua y pueden procesarse de manera más eficiente para producir sopas, pasta de tomate o ketchup (Levitus y col., 2010).

Conocer el proceso de producción de semilla es trascendente por ser el principal método de propagación del cultivo de tomate, este se describe en la siguiente sección.

Producción de Semilla de Tomate

La semilla es la presencia de una forma de vida aun incipiente, que contiene la promesa de un porvenir, y la certeza de miles de años de silenciosa evolución y decidida adaptación, pero que también implica la enorme responsabilidad de tener en nuestras manos un sinnúmero de posibilidades en lo que respecta a su utilización. El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples influencias en todos y cada uno de los estados de su formación (Perissé, 2002), el resultado ya sea que hubiere germinación o no, será solamente un reflejo de toda su trayectoria, desde antes de su fecundación hasta que finalmente se prepara para germinar.

En cuanto a la producción de semilla de tomate, se ha documentado que es posible encontrarla de venta en el mercado tanto en el formal como en el informal. En el mercado formal es posible solicitarla a empresas comercializadoras, que pueden proveerlas por correo, a diferentes partes del mundo, son semillas tratadas, y certificadas, que tienen una garantía por las características que ofrecen en cuanto a variedad del cultivo, viabilidad y vigor de semilla, tiempo de vida y calidad del producto así como resistencia a algunas enfermedades y microorganismos. Por otra parte existe también la comercialización de semilla en el mercado informal, que no tiene ningún tipo de garantía para el consumidor, y algunas veces ofrece la posibilidad de ser la vía por la que se propaguen muchos de los problemas fitosanitarios existentes.

En lo relacionado a la producción de semilla de tomate a nivel mundial, el 95 % esta monopolizada por 3 países, Estados Unidos, Francia y Holanda (Rosas, 1992). En México

existe un organismo denominado SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla), que se localiza en la base de datos <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificación/Documentos/>, y se encuentra en una dependencia de SAGARPA, ese organismo esta encargado de regular la producción y comercialización de semilla en México; revisando las estadística nacionales que están disponibles, se encontró que existe un registro de producción de semilla de tomate de cero, hasta el año 2009 y anteriores. Al realizar la investigación de producción de semilla para mayo de 2011 en SNICS de Sinaloa, se encontraron 2 datos correspondientes a semilla de tomate de una categoría declarada a nombre de José Refugio Soto Cota, a un precio de 1,400 pesos por kilogramo; y otra semilla de tomate variedad UC82-B, de categoría importada por Semillas Selectas de México, a un precio de 1,079 pesos por kilogramo.

Los programas de mejoramiento de tomate generalmente manejan una base genética estrecha, por lo que requieren explorar y conocer la variación genética natural como fuente de genes para mejorar la productividad, adaptación y resolver problemas de plagas y enfermedades (Carrillo, Rodríguez y col., 2010). Aunado a esto, la producción de jitomate enfrenta problemas como la dependencia tecnológica y comercial, la falta de financiamiento, el crecimiento de costos por el factor inflacionario y devaluatorio, altos aranceles en los mercados tradicionales, proteccionismo fitosanitario en el extranjero y la diversificación de los mercados. Aún así, es un cultivo rentable, para quien tenga la capacidad económica de sostenerse ante las oscilaciones de precios y el alza de costos (Chauvet y Massieu, 2010). Quizá la principal dificultad a vencer es que el tomate es sumamente perecedero y requiere de transportación rápida y eficiente; de no ser así, este factor se puede convertir en causa de grandes pérdidas (Chauvet y Massieu, 2010). Los bancos de germoplasma de México tienen registradas 1,325 muestras del género *Lycopersicon*; 670 corresponden a colecciones de semillas en cuartos fríos, 321 pertenecen a colecciones de semillas pero no están resguardadas en cuartos fríos, 286 muestras se encuentran bajo la modalidad de colecciones de trabajo y 48 pertenecen a la modalidad de colecciones de campo (Córdova y Molina, 2006).

Obtención y Tratamientos de la Semilla

Para obtener las semillas de tomate, es necesario realizar un corte o una maceración del fruto, las semillas están dentro de él en contacto con la pulpa y el tejido gelatinoso locular, estos tejidos deben ser extraídos sin afectar su calidad biológica.

El procedimiento para extraer la semilla, de acuerdo a lo reportado por Argerich y Gaviola, (2011), en el manual de producción de semillas hortícolas, consiste en realizar la cosecha; en donde los frutos provenientes de las plantas destinadas para semilla, son recolectados generalmente en forma manual y depositados en recipientes preparados previamente, para evitar contaminación de semilla de otra variedad. Una vez cosechados los frutos se procede a la molienda, para obtener así una mezcla formada de semilla, gelatina y pequeñas porciones de pericarpio. Las semillas extraídas se presentan envueltas por un mucílago o gelatina, si se desecan con el mucílago, se formarán grumos que serán muy difíciles de desmembrar. Para evitar este problema se sugieren algunos métodos de extracción aplicando diversos tratamientos para optimizar la viabilidad de la semilla. Algunos mencionados en la literatura se describen a continuación; con ayuda de un guante se frota con cuidado las semillas mojadas sobre una malla de alambre (el tamaño de la malla debe retener las semillas mientras que la pulpa pase a través de ella), o bien se recomienda frotar con cuidado las semillas con arena gruesa limpia, y lavarlas posteriormente para retirarles la arena y el mucílago, o se pueden secar las semillas primero y frotarlas luego, para retirar el mucílago seco (Rao y col., 2007). Algunos de los pretratamientos más recurridos para eliminar el mucílago de las semillas de tomate así, como algunos microorganismos se describen a continuación.

Fermentación. Esta ocurre naturalmente mezclando las semillas con el jugo y parte de la pulpa molida, sin la adición de agua, la mezcla se mantiene a temperatura ambiente (20-25 °C) hasta por tres días. Durante la fermentación el gel o mucílago que rodea a la semilla es descompuesto, y al cabo del tiempo establecido, las semillas viables se hunden en el fondo del recipiente y posteriormente pueden lavarse. La ventaja que existe en este procedimiento, es que si el tiempo de fermentación es mayor a 96 horas, se produce una gran reducción de inóculo de la bacteria *Clavibacter michiganense* subespecie *michiganensis* (Cancro bacteriano), que pudiera estar presente; con 48 horas de fermentación de la mezcla, podría eliminarse *Pseudomonas syringae* pv. Según la bibliografía, el riesgo más grande que se corre es que el tiempo de fermentación, pueda afectar la calidad, y la posibilidad de germinación de las semillas; además de que si los frutos provienen de cultivos en invernáculos éstos pueden carecer de microorganismos que produzcan la fermentación (Argerich y Gaviola, 2011).

En un estudio realizado por Karavina y col., (2009), en tomate rojo cosechado en Zimbabue, África, se mostró que las semillas de tomate pueden ser fermentadas a 25 °C hasta por 3 días, sin afectar su viabilidad. Las semillas fermentadas por 1 día tuvieron el mayor porcentaje de germinación, mientras que las fermentadas por 4 días tuvieron el

menor porcentaje de germinación, además recomiendan la fermentación para romper la dormancia.

Se recomienda que la semilla de las diferentes variedades de tomate, sea tratada con blanqueador para mejorar la germinación y la uniformidad. Para uso general, las semillas son humedecidas en 2.7 % de hipoclorito de sodio por 30 minutos. Realizar una digestión enzimática (solución de pectinasa, 0.1 % peso/volumen adicionada a la mezcla, en una proporción de 1:40, durante 24 horas), es otra opción utilizada. Se ha observado que mantener las semillas en la oscuridad hasta que germinen puede ser una ventaja (Rao y col., 2007).

Ácido clorhídrico. Este método consiste en agregar ácido clorhídrico diluido a la mezcla de la pulpa y semilla, se deja actuar por un tiempo determinado antes de lavar con agua. Se recomienda ácido clorhídrico al 2.5 % durante 2 horas (Argerich y Gaviola, 2011). O bien el tratamiento ácido (solución de ácido clorhídrico 2-4 % adicionada a la mezcla en una proporción de 1:1, durante una hora), luego las semillas se enjuagan con agua y son utilizadas, o se secan por escurrimiento en los siguientes días. Utilizando el ácido clorhídrico en una concentración de 5 % durante 20 minutos, se provocan daños a la semilla. La cáscara (testa) entera puede ser removida, pero entonces el endospermo y el embrión aparecen con el violento tratamiento. Los tratamientos prolongados pueden dañar las semillas; por esta razón, se deben utilizar con cuidado (Rao y col., 2007).

El ácido clorhídrico se recomienda por efectuar una buena limpieza de la semilla, y por inactivar el virus del mosaico del tomate, así como la bacteria denominada *Clavibacter michiganensis* subespecie *Michiganensis*, entre las desventajas que tiene este tratamiento se encuentran, la manipulación del ácido, el cuidado especial que se debe tener con el tiempo de tratamiento, que es muy crítico y que la germinación puede ser afectada en algunos cultivares (Argerich y Gaviola, 2011).

Nakama y col. (1986), obtuvieron los mejores resultados cuando las semillas fueron tratadas con 10 ml de HCl al 36 %, agregados a 4 kg de pulpa de tomate por 15 minutos. Ritchie (1971), determinó que 100 ml de ácido clorhídrico concentrado agregado a 5 kg de tomate por 30 minutos, no afecta la germinación en ningún cultivar (Argerich y Gaviola, 2011).

Sin embargo, Thyr y col., (1973), adicionaron 20 ml de ácido clorhídrico al 30 % por litro de pulpa y semilla de tomate, alcanzando un pH de 0.85. Luego se secó la semilla a 66

°C en desecador rotativo por 3 horas, logrando inactivar totalmente a *Corynebacterium michiganense*. Encontraron que el poder germinativo de la semilla no se afectó.

Carbonato de sodio. En este tratamiento el lavado de las semillas de tomate puede utilizar una mezcla, de igual cantidad de volumen de pulpa y semilla con una solución de carbonato de sodio. La ventaja del método es que el tiempo de tratamiento no es crítico, ya que mayores tiempos de exposición de las semillas al carbonato de sodio, no ejercen deterioros en su calidad, la desventaja es que no hay un buen desprendimiento de pulpa de la semilla, este método oscurece su color e inactiva el virus del mosaico del tomate (Argerich y Gaviola, 2011).

Ácido acético. En este procedimiento se agrega un volumen de pulpa y semillas a otro igual de una solución de ácido acético, se mezcla bien y se deja reposar, al término se lava. La desventaja que se presenta es la manipulación del ácido (Argerich y Gaviola, 2011).

Ortofosfato trisódico. Mediante este tratamiento se asegura la desaparición de organismos adheridos a la testa, se emplea una solución de la sal a una concentración de 10 % durante 30 minutos, antes del secado de la semilla (Argerich y Gaviola, 2011).

Limpieza y Preparación de la Semilla

De acuerdo a lo reportado por Argerich y Gaviola, (2011), una vez extraída la semilla y eliminados el mucílago y la pulpa del fruto se continúa con el procedimiento de la siguiente forma:

Lavado. Se realiza con agua, después de la fermentación o directamente desde la molienda, como paso previo o posterior al tratamiento con ácidos; para ello se pueden usar tamices o canaletas metálicas por donde circula el agua con las semillas. Otro sistema de lavado es por agitación o turbulencia de la mezcla y decantación, el lavado y secado deben hacerse en forma rápida, es importante tener cuidado ya que las semillas pueden inducirse

a germinar rápidamente si permanecen en esas condiciones de humedad (70 %), durante unas horas. Este fenómeno es beneficiado por las apropiadas temperaturas que generalmente ocurren durante la extracción (Argerich y Gaviola, 2011).

Centrifugado. Esta es una operación recomendable para extraer el agua libre que poseen las semillas provenientes de la fermentación y el lavado, se realiza introduciendo las semillas en bolsas que permitan la salida de agua de las mismas por fuerza centrífuga, al hacerlas rotar en una máquina.

Secado. Una vez lavadas y centrifugadas las semillas se procede al secado; este puede hacerse en tamices al sol o en gran escala en secadores de aire rotativo a aire forzado, las máquinas secan las semillas a una temperatura entre 37-40°C las primeras 5 horas y luego a 32-35°C las siguientes 5 horas. La gran ventaja del secado por rotación y calor radica en que se evita la aglomeración de semillas; se ha demostrado que haciendo rotar 30 minutos la semilla a 40 °C de inicio y completando el secado con dos días sobre tamiz, se logra un buen secado y un despeluzado parcial, disminuyendo costos y tiempo de exposición de las semillas al sol sobre tamiz (Argerich y Gaviola, 2011).

Despeluzado. Este procedimiento consiste en quitar la región de aspecto pubescente de la testa, que impide el buen deslizamiento de las semillas cuando son sembradas mecánicamente en siembra directa, la operación, se realiza en máquinas con superficies que ejercen una resistencia abrasiva sobre las semillas, quitándoles esa pubescencia y dejándolas con la testa lisa; es conveniente que se ajuste el tiempo de despeluzado a un porcentaje de humedad conocido, de acuerdo a Silva y col., (1982), si las semillas están húmedas (60-70 % de humedad) el despeluzado es deficiente, si están secas (con 5.8-6.7 % de humedad), se facilita el procedimiento, que debe estar corroborado por buenos índices de vigor y de poder germinativo; en términos generales la semilla bien despeluzada reduce un 40 % el volumen y un 9 % el peso de semilla comparada con una semilla sin despeluzar, además, produce un daño mecánico a la semilla mejorando su manipulación en la siembra, por ello se debe realizar con gran cuidado y se aconseja acompañar con una protección contra hongos y bacterias (Argerich y Gaviola, 2011).

Almacenaje. La semilla de tomate tiene una gran resistencia al almacenaje cuando las condiciones de almacenamiento han sido buenas y por lo tanto esto le confiere una gran longevidad; es importante que el contenido de humedad no baje de 5.5 % y no suba de 7 %, en envases herméticos no debe exceder el 6 %, es posible obtener valores casi invariables de viabilidad por 5 años de almacenaje a temperatura ambiente (Argerich y Gaviola, 2011).

Clasificación y Envasado. Hay empresas que previo al empaque clasifican las semillas por tamaño, para ello se pueden emplear mesas vibratorias de gravedad; la semilla de tomate en EEUU se vende por tamaño y así se puede comprar semilla pequeña, mediana y grande, aunque en la actualidad no existen pruebas contundentes de que las semillas pequeñas tengan menos vigor y calidad que las grandes, las cuales son más caras, en ningún caso está permitida la venta a granel. La semilla se debe ofrecer a la venta en envases sin uso previo, se guardan en bolsas de papel o de algodón, en envases herméticos el contenido de humedad no debe exceder el 6 % y estos deben estar siempre bien cerrados (Rosas, 1992; Argerich y Gaviola, 2011).

Rendimiento. Los rendimientos de semilla están determinados fundamentalmente por el efecto ambiental y por el cultivar, se expresan en valores que oscilan entre 2 y 3.5 kg de semilla por mil kilos de fruto (Argerich y Gaviola, 2011).

Daños mecánicos en la semilla. Las etapas críticas donde se pueden producir daños a la semilla por efectos mecánicos son, la molienda, el secado y el despeluzado, éste último es el de mayor riesgo, los daños pueden catalogarse desde pequeñas roturas en la testa que pueden ser lugares de alojamiento de microorganismos, hasta roturas visibles al ojo humano que incluso llegan a perjudicar al embrión, problema que se confirma con la observación de plántulas anormales en la prueba de germinación; entre las consecuencias del daño mecánico en los tejidos, se encuentran problemas que pueden afectar la propia viabilidad de la semilla, la pérdida de la capacidad de regulación del contenido de humedad, el incremento de la susceptibilidad a la acción de microorganismos y de biocidas. El conocimiento de la morfología del embrión permite evaluar correctamente las posibilidades de supervivencia de la semilla, puesto que la integridad de cada una de sus partes es esencial, y afecta de distinta forma su viabilidad, así la realización de análisis para conocer la calidad de la semilla, es lo más adecuado para identificar antes de la siembra su estado

fisiológico, e inferir la capacidad de producir plántulas sanas en el campo, con todo el potencial para obtener buenos frutos (Argerich y Gaviola, 2011).

Métodos de Conservación de Semillas

Según Martín, (2001), los métodos de conservación de recursos fitogenéticos pueden clasificarse, de acuerdo al lugar en que se lleva a cabo la conservación, en 2 grandes categorías: métodos de conservación "*ex situ*" y métodos de conservación "*in situ*", el primero consiste en conservar los materiales en lugares destinados para ello, denominados bancos de germoplasma; y los segundos en preservar las variedades o poblaciones vegetales en su hábitat original. La conservación a través de semilla como tal, es el método más apropiado y recurrido para una especie, por ser muy eficiente, económico y seguro para el mantenimiento "*ex situ*" de la mayoría de las especies de las zonas templadas, cuyas semillas son capaces de permanecer viables largo tiempo bajo determinadas condiciones, se les denomina semillas ortodoxas y toleran la desecación hasta aproximadamente 5 % de humedad, y bajas temperaturas (Martín, 2001; Hong y Ellis, 1996).

Se sabe que el método de conservación a través de semilla es muy útil para semillas de tipo ortodoxo, pero existen muchas especies, sobre todo en zonas cálidas y húmedas, que poseen semillas denominadas recalcitrantes, estas toleran un contenido de humedad alrededor de 15-20 %, dificultando la conservación por este método; existe un tercer tipo de semillas llamadas intermedias, que toleran cambios en la temperatura y fluctuaciones moderadas de humedad hasta un contenido de 10-12.5 % de humedad (Hong y Ellis, 1996).

La semilla tiene la capacidad de "elegir" por así decirlo, el momento de su germinación de acuerdo a las condiciones externas, si éstas le son propicias o no, factores importantes para ello son la temperatura, las condiciones de luminosidad y de oscuridad, la cantidad de humedad de la semilla y del medio que la circunda, así como la humedad relativa del ambiente. De acuerdo a la Ley de Harrington, (1965), la longevidad de las semillas ortodoxas, puede aumentarse extraordinariamente disminuyendo tanto su contenido de humedad como la temperatura de almacenaje, la vida de la semilla se duplica por cada 5 °C de disminución de temperatura y por cada 1 % de reducción de su contenido de humedad siendo ambos efectos aditivos, en teoría la disminución de estos dos factores, permitiría mantener durante cientos de años la viabilidad de las semillas (Martín, 2001); con la finalidad de propiciar las condiciones para conservar las semillas por períodos prolongados, y tenerlas disponibles para el momento que se requieran, es posible contar con los medios

que las mantengan en ese estado por el tiempo necesario, para ello las condiciones de humedad y temperatura son determinantes. De manera que para conservar las semillas, se deben secar hasta obtener un contenido de humedad seguro que evite el deterioro, el calentamiento y la infestación durante el almacenamiento (Rao y col., 2007). Bauer y col., (2003), realizaron una investigación con semillas, donde se concluyó, que la demora en la cosecha causa deterioro de la calidad de las semillas. El secado, es un proceso normal de la maduración de las semillas, algunas deben disminuir su humedad a un contenido mínimo antes de poder germinar. Los procesos de secado tienen que iniciarse inmediatamente después de la cosecha, cuando se haya alcanzado la madurez fisiológica, es importante utilizar un método apropiado de secado de semilla, por ser la clave para conservarla viva a largo plazo, así como tener un control adecuado de la humedad relativa y la temperatura ambiental (Lima y col., 2010). El secado de la semilla se realiza a niveles recomendados para la especie y el período de tiempo que permanecerá en almacenamiento, para ello se utilizan técnicas que no afectan la viabilidad de las semillas; existen varios métodos para secar las semillas, los más comunes son el secado mediante deshumidificación y el secado con sílica gel o algunas soluciones salinas saturadas, todos consisten en colocar las semillas en un ambiente con una humedad relativa baja y permitir que el contenido de humedad de las semillas, alcance el equilibrio a una temperatura relativamente baja (10-25 °C).

Existen diversos dispositivos utilizados para el secado de semilla, entre ellos se encuentran los dispositivos pasivos, que no requieren energía para su directa operación, utilizando como base sílica gel, regularmente se usa para muestras pequeñas de semilla, puesto que tiene la capacidad de absorber la humedad en espacios cerrados, tales como: la cabina secadora de madera y el dispositivo de secado de tambor de aceite; dentro de los dispositivos activos para el secado de semilla, aquellos que usan un mecanismo de aire circundante generado por aspas que operan con electricidad, se encuentran: La cabina secadora abierta y la cabina secadora cerrada (Lima y col., 2010).

Para la conservación de semillas se recomiendan contenidos de humedad de 3-7 %, para un almacenamiento a largo plazo (colecciones base), y de 3-8 % para semillas oleaginosas en almacenamientos a corto plazo (colecciones activas) y entre 7-11 % para colecciones a corto plazo (colecciones activas), con buenas características de almacenamiento (Rao y col, 2007). La FAO, (1992), recomienda un contenido de humedad de 5 % para conservación a largo plazo, obtenido en condiciones de secado a una temperatura de 10-25 °C, y una humedad relativa del 10-15 %.

Mantener los contenidos de humedad de las semillas en los niveles recomendados es de suma importancia para la óptima conservación de su longevidad, para ello es imprescindible realizar determinaciones de humedad y alcanzar el nivel de humedad de equilibrio en la semilla.

Determinación de humedad inicial y de humedad de equilibrio.

El contenido de humedad de las semillas, es un factor determinante para calcular su velocidad de deterioro, además tiene un impacto considerable en la longevidad de las mismas durante el almacenamiento, el contenido de humedad, se define como la cantidad de agua que hay en una semilla, presente en forma libre y combinada con los compuestos químicos de las células, como los carbohidratos y las proteínas. Se expresa como contenido de humedad con base en peso seco, (porcentaje de peso seco de la semilla), o como peso húmedo, (porcentaje del peso total antes del secado) (Rao y col., 2007). En un proceso de secado de semilla destinada a conservación, es sumamente importante conocer su humedad inicial, para identificar si se requiere un secado previo (humedad por encima de 17 %), y definir el método más adecuado para la especie, de acuerdo a las condiciones en que se encuentre, se predecirá con mayor exactitud el potencial de vida en almacenamiento de las semillas (Rao y col., 2007). El contenido de humedad se puede determinar por medio de 2 métodos: el de secado en horno descrito por ISTA (2005) y por medio de medidores de humedad (Rao y col., 2007); el secado en horno se conoce como el más preciso, en donde se elimina el agua por medio de calor, en condiciones controladas. Se tienen 2 variantes de este método, el método en horno a temperatura baja constante y el método en horno a temperatura alta constante, recomendado para tomate en ISTA, (2005), la desventaja es que es un método destructivo. El otro método mencionado para determinación de humedad por medio de balanzas, combina tecnología de calentamiento de última generación con sistemas de peso muy precisos, dando como resultado un método rápido y exacto para determinar la humedad.

Existe un principio de secado de las semillas, que se basa en el hecho de que son un tejido vivo higroscópico, y por tanto absorben o liberan humedad dependiendo de la humedad relativa del aire que las circunda y del gradiente de potencial de agua entre la semilla y el aire que la rodea. Si la presión de vapor de agua de la semilla es mayor que la del aire circundante, la semilla perderá humedad (desorción). Si la presión de vapor de agua de la semilla es menor que la del aire que la rodea, la semilla se hidratará (absorción), estos

fenómenos suceden hasta que la presión de vapor de agua en la semilla y la presión de vapor del aire circundante se equilibran (McCormack, 2004; Rao y col., 2007).

Cuando el contenido de agua de las semillas se encuentra en equilibrio con la humedad relativa del aire circundante se ha logrado alcanzar la humedad en equilibrio, la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad de la semilla es igual a la presión de vapor de agua del aire ambiental (Rosso y Defacio, 2009). De manera que la humedad de equilibrio se define como, el contenido de humedad de un material higroscópico después de estar expuesto a un ambiente en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, durante un lapso prolongado de tiempo. Incluso sin ningún tipo de condiciones de almacenamiento, el contenido de humedad de la semilla eventualmente llega al equilibrio con la humedad del aire que la rodea. En la Figura 5, se muestra la curva de humedad de equilibrio en semillas durante el tiempo de secado.

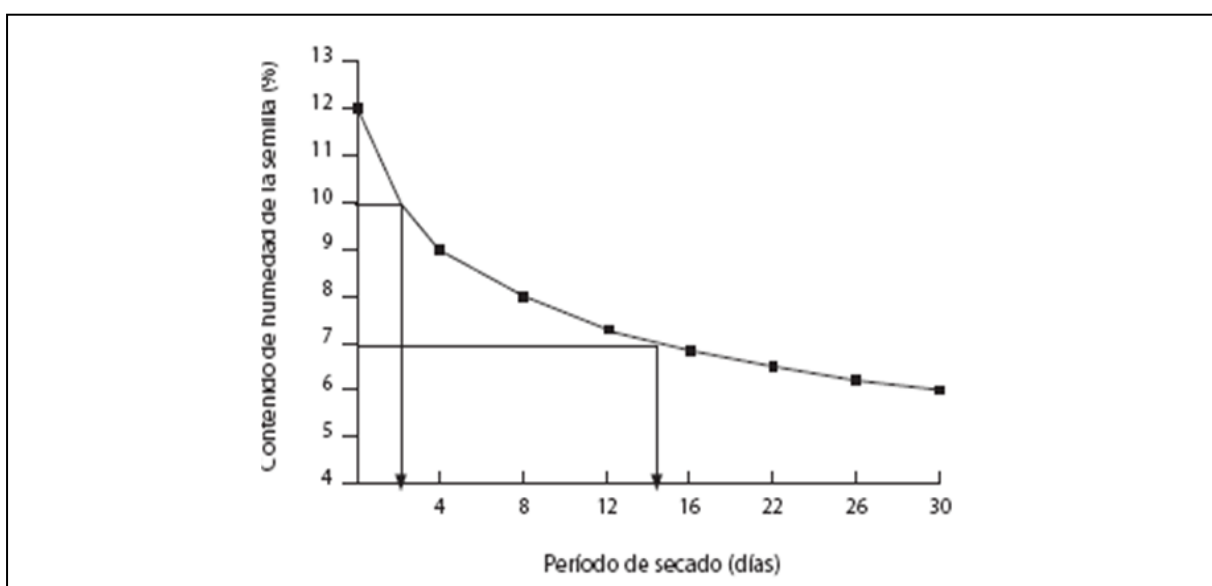


Figura 5. Curva modelo de Humedad de Equilibrio.

Fuente. (Rao y col., 2007).

Para cada especie, existe una relación definible entre la humedad relativa y el contenido de humedad de las semillas, estas perderán o absorberán agua hasta que su contenido de humedad esté en equilibrio con la humedad relativa del aire ambiental, a una determinada temperatura. La relación entre el contenido de humedad de las semillas y la humedad relativa ambiental se expresa mediante una isoterma de sorción. Las isotermas de

humedad dependen de la composición química de las semillas y difieren entre especies, en lotes de la misma especie, y hasta en semillas de un mismo lote que han sido cosechadas en diferentes fases de desarrollo. Las isotermas de humedad son muy útiles para calcular el contenido de humedad al cual se pueden secar las semillas en un determinado ambiente. (Rao y col., 2007).

En la Tabla 12, se concentran los contenidos de humedad de equilibrio aproximados de algunas semillas de cultivos comunes a 25°C.

Tabla 12. Contenidos de humedad en equilibrio (aproximados) de algunas semillas de cultivos comunes a 25 °C

Especie	10	15	20	30	45	60	75	90
Arroz	4.6	5.6	6.5	7.9	9.8	11.8	14.0	17.6
Avena	-	5.7	-	8.0	9.6	11.8	13.8	18.5
Berenjena	3.1	-	4.9	6.3	8.0	9.8	11.9	-
Cebada	-	6.0	-	8.4	10.0	12.1	14.4	19.5
Cebolla	4.6	-	6.8	8.0	9.5	11.2	13.4	-
Frijol lima	4.6	-	6.6	7.7	9.2	11.0	13.8	-
Guisante	5.4	-	7.3	8.6	10.1	11.9	15.0	-
Lechuga	2.8	-	4.2	5.1	5.9	7.1	9.6	-
Lino	3.3	-	4.9	5.6	6.3	7.9	10.0	15.2
Maíz	3.8	-	5.8	8.4	10.2	12.7	14.4	18.8
Maní forrajero	3.0	-	3.9	4.2	5.6	-	9.8	13.0
Mostaza	1.8	-	3.2	4.6	6.3	7.8	9.4	-
Nabo	2.6	-	4.0	5.1	6.3	7.4	9.0	-
Ocra	3.8	-	7.2	8.3	10.0	11.2	13.1	-
Pepino	2.6	-	4.3	5.6	7.1	8.4	10.1	-
Rábano	2.6	-	3.8	5.1	6.8	8.3	10.2	-
Ray	-	7.0	-	8.7	10.5	12.2	14.8	20.6
Remolacha	2.1	-	4.0	5.8	7.6	9.4	11.2	-
Repollo	2.9	-	4.6	5.4	6.4	7.6	9.6	-
Sandía	3.0	-	4.8	6.1	7.6	8.8	9.0	-
Sorgo	-	6.4	-	8.6	10.5	12.0	15.2	18.8
Soya	4.1	-	5.5	6.5	7.4	9.3	13.1	18.8
Tomate	3.2	-	5.0	6.3	7.8	9.2	11.1	-
Trigo	5.5	-	7.0	8.5	10.4	12.1	14.6	19.8
Trigo sarraceno	-	6.7	-	9.1	10.8	12.7	15.0	19.1
Zanahoria	4.5	-	5.9	6.8	7.9	9.2	11.6	-
Zapallo	3.0	-	4.3	5.6	7.4	9.0	10.8	-

Fuente. (Rao y col., 2007).

De acuerdo a lo reportado por Martínez y col., (2010), las curvas de secado para las semillas de *S. lycopersicum* L. y *C. annuum* L. muestran un descenso en el nivel de humedad hasta el equilibrio con el entorno, en este caso se utilizó sílica gel seca con 5 % HR a 25 °C

(Hong y Ellis, 1996), el tiempo de secado fue de aproximadamente nueve horas, las semillas de ambas especies presentaron una tasa de secado similar; observaron mayor pérdida de agua durante los primeros sesenta minutos de contacto con la sílica, se obtuvo en este período el segundo nivel de humedad propuesto en los ensayos (8-10 %), cuando el primero fue de 10 a 12 %, al cabo de 3,5 horas el contenido de humedad de las semillas estuvo dentro del rango (6-8 %), siendo el tercer nivel propuesto para el ensayo. Después de cinco horas las semillas de tomate y pimentón bajaron el nivel de humedad por debajo del 5 % y llegaron hasta valores cercanos al 3 %.

En la Figura 6, se muestra una gráfica de isoterms de humedad en semillas de cultivos amiláceos y de cultivos oleaginosos, donde se observa que al disminuir la humedad relativa del ambiente, disminuye también el contenido de humedad de las semillas para ambos cultivos.

Una vez que se ha alcanzado la humedad de equilibrio en las semillas, se someten a diferentes pruebas antes de ser utilizadas o almacenadas, para determinar cual es la calidad de las mismas. Algunas de ellas son la prueba de Flotación, de Tinción con Tetrazolio, Germinación y vigor.

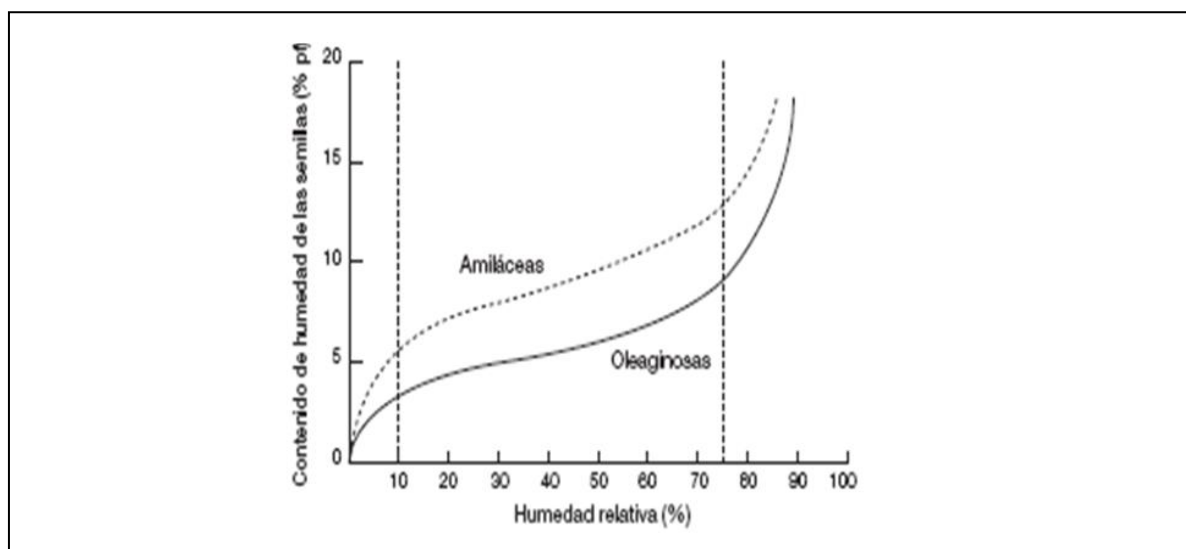


Figura 6. Gráfica de isoterms de humedad para semillas de cultivos amiláceos y oleaginosos.

Fuente. (Bradford, K.J. 2004).

Análisis de Calidad de las Semillas

Conocer la calidad de la semilla es sumamente importante para saber en que condiciones se encuentra ésta y sus posibilidades de uso, además de su longevidad, el índice de germinación y de vigor de la semilla, lo que proporciona datos aproximados sobre el comportamiento en campo de cualquier cultivo, de esa manera se pueden prevenir problemas a futuro, e incluso favorecer el buen desarrollo de las plantas y tomar medidas sobre los posibles problemas que se pueden presentar durante su desarrollo.

La semilla como encargada de propagar la especie en la naturaleza, debe de ser capaz de mantenerse periodos largos de tiempo en estado de latencia, durante este tiempo las funciones vitales se reducen al mínimo, incluso puede llegar un momento en el que pierda la capacidad de germinar; al tiempo durante el cual la semilla es viable, se le llama longevidad y depende de cada especie y de las condiciones de conservación (Red de Semillas, 2010), los factores más importantes que afectan esta característica, son el tipo de semilla, su calidad, la integridad de la cubierta protectora, el contenido de humedad así como el ambiente de almacenamiento (RBG, KEW, 2005).

De acuerdo a las reglas Internacionales de Análisis de Semilla (ISTA), para la determinación de la calidad de las semillas se analiza pureza y determinación de malezas, germinación, viabilidad, sanidad, peso absoluto (ISTA), también es importante determinar vigor de la semilla (Korkmaz y col., 2004). Se denomina viabilidad a la cantidad de semillas de un lote que se encuentran vivas y pueden llegar a convertirse en plantas capaces de reproducirse en condiciones adecuadas de campo (Rao y col., 2007). De acuerdo a Albarracín, (2010), La calidad de la semilla está determinada por la combinación de diferentes indicadores: genéticos (identidad varietal), físicos (aspecto de la semilla), fisiológicos (vigor, germinación y longevidad) y sanitarios (libre de plagas y enfermedades) que pueden afectar de una u otra forma el desarrollo normal de la planta en el campo. Marín Sánchez, (2007), Señala que la calidad de la semilla se compone de varios elementos uno de ellos es la calidad fisiológica; algunas pruebas utilizadas para calcularla son la flotación de semilla en agua, la germinación, y la prueba de tinción con tetrazolio; todas ellas están relacionadas y condicionan el éxito de las semillas.

Prueba de Flotación

Esta prueba es una estimación indirecta de la viabilidad, el procedimiento consiste en sumergir en agua una muestra de semilla tomada del lote total (Landis y col., 1998; Henríquez, 2002; Chacoff y col., 2004).

Prueba de Germinación

La germinación de las semillas es un proceso de gran trascendencia para el establecimiento y sobrevivencia de las plantas en condiciones naturales; es la prueba más exacta y confiable y se define como la reanudación del crecimiento del embrión y la emergencia de la radícula desde las estructuras de la testa (Rao y col., 2007; Red de Semillas, 2010), se mide como el porcentaje de semillas puras que en condiciones favorables y durante un tiempo determinado son capaces de dar plantas normales (Ascasubi, 2002).

Esta prueba es considerada la forma más segura de corroborar la calidad de lotes de semilla, se realiza en condiciones ideales de luz, temperatura, humedad y sustrato para hacer emerger las plantas (Benito-Matías y col., 2004), después de que una semilla ha germinado, las plántulas son extremadamente vulnerables a los cambios ambientales y su destino depende de que las condiciones le sean propicias para llegar a la madurez; los requerimientos básicos para que una semilla germine son: agua, oxígeno, luz y temperatura adecuada, también es importante la interrupción del letargo, las semillas de diferentes especies tienen diferentes requerimientos, por lo cual no existe un conjunto general de condiciones para germinar las semillas de todas las especies, esto se debe a que el propósito de las pruebas es dar una indicación de cómo se desempeñarán las semillas como plantas en el campo, así como para conocer la proporción de ellas que germinará y producirá plantas normales (Rao y col. 2007; Red de Semillas, 2010); para evaluar las pruebas de germinación es aconsejable efectuar un conteo de la germinación inicial a los 3 o 7 días, seguido por un conteo final a los 7 o 14 días, dependiendo de la especie, se calcula el porcentaje promedio de germinación de plantas normales (Rao y col., 2007)

En la germinación de la semilla de tomate se distinguen 3 etapas: la primera que dura 12 horas, se produce una rápida absorción de agua por la semilla, le sigue un período de reposo de unas 40 horas durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía, ni en

la actividad metabólica de la misma y posteriormente la semilla comienza a absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociado con la emergencia de la radícula (Bewley y Black, 1982); para cultivos como el tomate se recomiendan temperaturas entre 20 y 30 °C para el proceso de germinación. Existen varios métodos para realizar esta prueba: El método de germinación sobre papel; se recomienda para semillas pequeñas de menos de 2 mm de diámetro, se realiza sobre papel absorbente húmedo. El método de germinación entre papel; es señalado como el más adecuado para las especies con semillas medianas y grandes entre 2 mm y 1 cm de diámetro, las semillas se germinan entre 2 capas de papel adsorbente húmedo. El método de germinación en arena; es el más indicado para semillas grandes de más de 1 cm. y, el método de germinación en agar; es utilizado para probar la germinación de semillas pequeñas y medianas, el agar es un sustrato alternativo al papel (Rao y col., 2007).

En un estudio realizado por Pichardo González (2010), en semilla de tomate de cáscara al someterla a un tratamiento de envejecimiento artificial a 50 °C combinado con 65 % de humedad relativa, se obtuvo una disminución de 53 % en la germinación y de 92 % en la velocidad de emergencia de la radícula, con respecto al testigo no tratado. En ocasiones la buena germinación de las semillas se ve comprometida por algunas causas como el estado deficiente del funcionamiento bioquímico de las semillas, deficiencias nutritivas o estrés, semillas envejecidas, las reservas escasas en el endospermo o los cotiledones, por daños físicos en la manipulación y almacenaje, por problemas sanitarios originados por plagas o enfermedades, o bien puede deberse a cuestiones genéticas propias de la especie (Red de Semillas, 2010); de acuerdo a resultados obtenidos por Bauer y col., (2003), todos los cultivares de semillas de soya respondieron con una reducción de la emergencia frente a las condiciones climáticas extremadamente adversas. Por otra parte en un estudio realizado en semillas de chile (*Capsicum annuum* L.), se propuso que la actividad respiratoria puede servir como un indicador confiable del vigor de semilla, ya que tasas altas de respiración correlacionaron con una germinación alta y con una rápida emergencia de radícula, con respecto a la humedad relativa encontraron que al variar ésta de 60 % a 65 %, la germinación se redujo a 73 %, al llegar a una humedad relativa de 70 % la germinación fue de solo 2 %, y con 75 % de humedad fue letal con una germinación de 0 %; cuando mantenía un nivel de germinación de 85 % (Pichardo González, 2010). Esta situación ejemplifica lo mencionado por Rao y col., (2007), donde dicen que la germinación completa solo se puede lograr en condiciones óptimas.

Bauer y col., (2003), encontraron que la emergencia a campo de semillas de soya fue menor que la germinación lograda en el laboratorio, los valores que más se asemejaron a la emergencia en el campo fueron los de vigor realizados con tetrazolio. En algunos casos las

semillas no germinan porque están muertas o porque están dormantes, las semillas no germinadas que tienen embriones firmes son potencialmente viables, un alto porcentaje de estas semillas indica que las condiciones de germinación no fueron las óptimas o que las semillas son dormantes (Rao y col., 2007); la dormancia es el estado en el que las semillas viables no germinan, aún en condiciones normalmente favorables para ello, existen 2 tipos de dormancia: de la testa de las semillas y del embrión; la dormancia también puede ocurrir por una combinación de semillas impermeables o testas de frutos y embriones fisiológicamente dormantes, para que ocurra la germinación, se deben interrumpir ambas; de manera que para determinar el tipo de dormancia, si la eliminación de la testa de la semilla no resulta en germinación, el mecanismo de dormancia está ubicado en el embrión, hay tratamientos que tienen la finalidad de interrumpirla, y algunos son específicos para determinados vegetales, en ocasiones la dormancia se interrumpe naturalmente con el paso del tiempo (Rao y col., 2007).

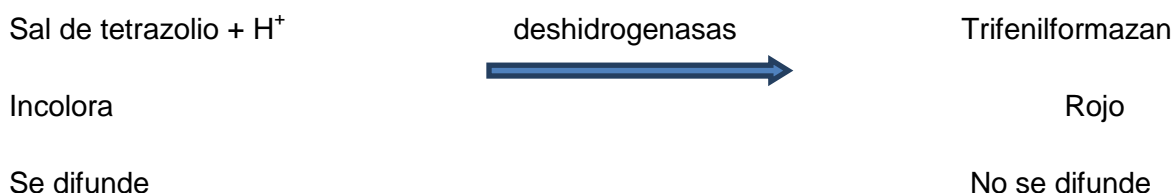
Pinto y col., (2007), realizaron un estudio de germinación en semillas de *Solanum lycocarpum*, indicando la presencia de dormancia en el fin del periodo de maduración de la semilla, atribuyendo el bajo porcentaje de germinación a probables altos niveles restantes de ABA (ácido abscísico), una hormona que se sabe induce la dormancia, inhibiendo la germinación de la semilla, y regulando la expresión del gen. Otro investigador Bonfil-Sanders y col., 2008, encontró que bajo condiciones de temperatura fluctuante, se incrementó la germinación de 4 especies de *Bursera* del noroeste de Morelos México, al someterse a germinación de 18-32 °C cada 12 horas, con fotoperiodo de 12 horas.

También existen otras pruebas bioquímicas, que tienen la ventaja de ser más rápidas, y además requieren habilidades especiales para realizarse e interpretarse (Rao y col., 2007), una de ellas es la prueba de tinción con sal de tetrazolio.

Prueba de Tinción con Tetrazolio

La prueba es un análisis bioquímico que en forma rápida, permite una estimación de la potencialidad de la semilla para producir una planta normal, para ello se utiliza una solución incolora de la sal cloruro de 2, 3, 5-trifeniltetrazolio como un indicador de varios procesos de reducción que ocurren en las células vivas, después de que la solución de tetrazolio es embebida por la semilla, en las células vivas de los tejidos se lleva a cabo una reacción química de óxido-reducción en la cuál participan las enzimas deshidrogenasas presentes en los tejidos vivos (AOSA, 1983), en esta reacción, los protones hidrógeno liberados en el

proceso de respiración reducen la sal de tetrazolio a formazán, que es una sustancia estable, no difusible de coloración rojiza, que permite distinguir las áreas vivas de las semillas (áreas de color rojo o rosado según la concentración empleada de la sal), de las zonas muertas (áreas de color blanco). Cuando la semilla de soja es inmersa en la solución incolora de 2, 3, 5-trifeniltetrazolio, esta se difunde a través de los tejidos, produciéndose en las células vivas la reacción de reducción que da como resultado la formación de un compuesto rojo, estable y que no se difunde, conocido por trifenilformazán, enseguida se ilustra la reacción que se lleva a cabo en la prueba de viabilidad de tinción con tetrazolio, así como las características de color y de difusión en las células de la semilla (AOSA, 1983; Franca Neto y col., 1998),



Cuando el Cloruro de trifenil tetrazolio (CTT), se reduce, formando el trifenilformazán, indica que existe actividad respiratoria en las mitocondrias, esto significa que hay viabilidad celular y del tejido, el color resultante de la reacción es un indicador positivo de la viabilidad a través de la detección de la respiración a nivel celular; tejidos no viables no reaccionan y consecuentemente no se tiñen, cuando el tejido es vigoroso, se formará el color rojo carmín claro; si el tejido está en proceso de deterioro, un rojo mas intenso será formado, en virtud de la mayor intensidad de difusión de la solución de tetrazolio por las membranas celulares comprometidas de tales tejidos, si el mismo no es viable, la reducción de la sal no ocurrirá, y el tejido muerto (no teñido), contrastará con el tejido teñido, viable; la observación de tales diferencias de color, juntamente con el conocimiento de diversas características de las semillas, permiten la determinación de la presencia, localización y naturaleza de los disturbios que pueden ocurrir en los tejidos embrionarios (Moore, 1973).

La prueba de tetrazolio se empezó a desarrollar ampliamente a partir de 1950, año en que se creó el Comité de Tetrazolio que, tras muchos años de investigación, consiguió reunir una gran cantidad de conocimiento sobre este ensayo (Benito-Matías y col., 2004). Este método fue utilizado primeramente por un científico alemán llamado Lakon, entre (1938-1958), quien reconoció que todos los tejidos vivos, reaccionan cambiando el color del indicador (Patil y Dadlani, 2009).

Entre las ventajas de la prueba de tetrazolio se encuentran su rapidez y exactitud, la determinación de la viabilidad de semillas dormantes en corto tiempo, además de que las semillas dicotiledóneas no se dañan y pueden ser germinadas. Sin embargo, esta prueba presenta algunas desventajas, entre ellas se puede señalar; la dificultad que existe al distinguir entre plantas normales y anormales, no se puede apreciar la diferencia entre semillas dormantes y no dormantes (Patil y Dadlani, 2009); en la realización de la prueba resultan trascendentes la concentración, la temperatura y el período de tinción con solución de tetrazolio, tanto como el tiempo de acondicionamiento previo de las semillas (Rao y col., 2007), se evalúa el patrón de tinción de las semillas bajo un microscopio binocular de baja potencia (Rao y col., 2007).

Esta prueba se ha utilizado para estimar la termotolerancia celular en plantas como el trigo, pitahaya, girasol y viabilidad en caña de azúcar y para evaluar daños por sequía en maíz y algodón (Florido y col. 2009; Borboa y col., 2009).

Florido y col. (2009), utilizaron la prueba de tinción con tetrazolio para evaluar la viabilidad celular de tomate y encontraron que es de gran utilidad en el monitoreo de germoplasma, para detectar accesiones tolerantes al calor en el cultivo, siempre y cuando exista correspondencia entre los resultados y los estudios a nivel de planta completa, confirmando que existen fuentes de tolerancia al calor en germoplasma de tomate en las accesiones de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* y *S. pimpinellifolium* que no han sido explotadas para incrementar el grado de tolerancia al calor de las variedades comerciales que se utilizan actualmente; la prueba de tetrazolio no es una prueba definitiva de viabilidad de las semillas, para que los resultados sean más confiables, se deben comparar con los obtenidos de las pruebas de germinación para cada especie, también se puede utilizar como un procedimiento de apoyo para identificar semillas viables pero dormantes que no han germinado al final de una prueba (Rao y col., 2007).

Se ha sugerido que diferencias del 5 % entre las pruebas de tetrazolio y de germinación pueden ser consideradas normales en semilla de soja, y que diferencias superiores pueden tener por causa, entre otras, la incidencia de microorganismos durante la prueba de germinación (Franca Neto y col., 1986).

Patil y Dadlani, (2009), consideran que apropiadamente conducida la prueba de tetrazolio y la de germinación arrojan resultados muy parecidos, sin embargo de acuerdo con Agrawal y Dadlani (1987), puede haber discrepancias en los resultados debidas a varios factores tales como: diferencia en las muestras, prueba de germinación inapropiada, prueba de tetrazolio incorrecta, dormancia de semilla, presencia de semillas duras, presencia de microorganismos en la semilla, heridas químicas provocadas por fumigación, exceso de

tratamientos con fungicidas mercurados, los cuales pueden no inhibir la tinción con tetrazolio, pero pueden afectar la germinación normal. Bauer y col., (2003), al comparar entre sí los resultados de los ensayos realizados observaron que las pruebas de tinción con tetrazolio y de conductividad eléctrica sobrevaloraron la emergencia a campo, muy especialmente en el caso de semilla “mala”, para la cual, esas mismas pruebas, sobrestimaron también notablemente la germinación de plantas normales.

De acuerdo a lo encontrado por Benito-Matías y col., (2004), no se puede predecir la facultad germinativa mediante las estimaciones obtenidas en la prueba de tetrazolio, puesto que la evaluación de los resultados se complica cuando el porcentaje de germinación de las muestras es bajo, llegaron a esta conclusión al realizar la aplicación de 2 métodos colorimétricos, tinción con tetrazolio e índigo carmín, para determinación de viabilidad en semillas de *Pinus pinea*.

En la Figura 7, se muestra el patrón de tinción de una semilla dicotiledónea, mediante prueba de tinción con tetrazolio.

Vigor de Semilla

El vigor de una semilla es una característica que orienta las predicciones del comportamiento de la planta durante su desarrollo, se ha definido de diversas formas entre las que se encuentran la de ISTA, (1977), que define vigor como la suma de las propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla durante la germinación y emergencia de la plántula, por otra

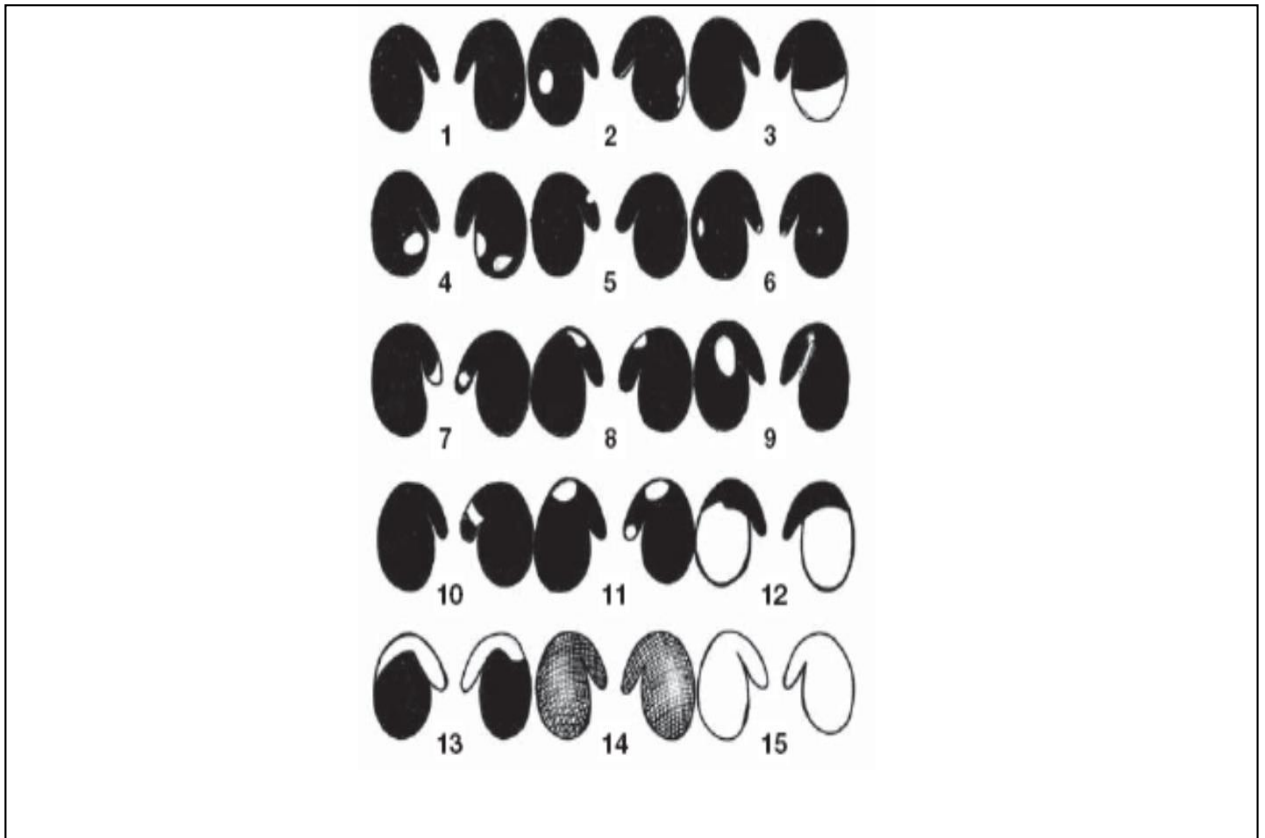


Figura 7. Patrón de tinción después de la prueba con tetrazolio en semillas dicotiledóneas.

Las ilustraciones representan ambos lados de la semilla. Los números del 1 al 6 son semillas germinables y del 7 al 15 son semillas no germinables.

Fuente. (Rao y col., 2007. Adaptada de AOSA, 2005).

parte AOSA, (1983), define vigor como una propiedad que determina el potencial de la semilla para una emergencia rápida y uniforme, con un desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo, Dornbos, (1995), afirma que el vigor de la semilla denota su habilidad para germinar rápidamente y producir una plántula normal bajo un amplio rango de condiciones, ISTA (2001), lo define como la suma de aquellas propiedades que determinan la actividad y el comportamiento en un amplio rango de ambientes, de lotes de semillas de germinación aceptable, de manera que una semilla de alta calidad es determinante para el éxito de la implantación de los cultivos (Bauer y col., 2003). En términos generales, las semillas de buen comportamiento se denominan de alto vigor y las de pobre comportamiento de bajo vigor, la definición de vigor lleva implícitos aspectos particulares del comportamiento que han sido considerados variaciones evidentes asociadas con el vigor, como son los procesos bioquímicos y las reacciones en el transcurso de la germinación, tales como la actividad respiratoria, las reacciones enzimáticas, la

velocidad y uniformidad de la germinación de la semilla, así como de la emergencia de la plántula, el crecimiento de la plántula, el crecimiento en el campo, y la capacidad de emergencia de las semillas bajo condiciones desfavorables (Abascal, 1984).

De acuerdo a Heydecker, (1972), el vigor de semilla puede expresarse de cuatro maneras: (a) sobrevivencia intacta cuando culmina una condición de quiescencia: la semilla vigorosa mantiene esta característica; (b) sobrevivencia cuando es sembrada en campo: la semilla vigorosa resiste o supera las condiciones adversas imperantes; (c) capacidad para establecer plantas: la semilla vigorosa posee cantidad suficiente de reservas adecuadas y las utiliza durante las fases de crecimiento heterótrofo y de transición, y (d) capacidad de crecimiento: la semilla vigorosa origina una planta que crece vigorosamente durante la fase de crecimiento autótrofo. No obstante, pueden ocurrir variaciones en el vigor por factores como: la constitución genética, las condiciones ambientales y nutrición de la planta madre, el estado de madurez en la cosecha, el tamaño, peso y densidad de la semilla, así como su condición física e integridad mecánica, el grado de deterioro o envejecimiento y la presencia de patógenos (Abascal, 1984).

Se puede decir que no existe un método universal para determinar vigor en todas las semillas, de manera que se ha utilizado un amplio número de métodos para la prueba de vigor, típicamente caen dentro de 3 categorías: Pruebas de estrés, crecimiento de plántulas con pruebas de evaluación y pruebas bioquímicas. García y Lasa, (1991), señalan una clasificación de los ensayos de vigor, de acuerdo a las condiciones ambientales, agrupándolos en ensayos directos y ensayos indirectos: se designan como ensayos directos a aquellos, en donde un estrés ambiental o biótico es reproducido en el laboratorio, registrando el porcentaje y la tasa de emergencia de plántulas, el estrés se ocasiona por: una temperatura fría (ensayo de frío) o caliente, un déficit o exceso de agua, un sustrato con elementos angulares (ensayo de "ladrillo picado"), o a través de un suelo infectado de hongos, en cuanto a los ensayos indirectos se clasifican en fisiológicos al evaluar parámetros de crecimiento, bioquímicos, al evaluar reacciones químicas específicas y físicos cuando se relacionan con características de la semilla. Korkmaz y col., 2004, realizaron un estudio comparativo de vigor en dos lotes de semillas de tomate de cultivares Shasta y cuatro lotes de Brigade y C-37, utilizando la prueba de tetrazolio, encontraron resultados paralelos al compararla con la prueba de envejecimiento acelerado y la de conductividad eléctrica. Bauer y col., (2003), concluyeron en su investigación que los resultados obtenidos pusieron en evidencia la integridad de las membranas celulares (conductividad) y la topografía de las células vivas del embrión (tetrazolio), de manera que para estimar con mayor precisión la calidad de un lote y su emergencia a campo, es necesario disponer de los datos complementarios del mayor número posible de ensayos de vigor. Una vez

realizadas las pruebas de viabilidad a las semillas, éstas se empaquetan y almacenan de acuerdo al uso que se les dará a futuro.

Empaque de las Semillas

Almacenamiento y Empaque de las Semillas

El almacenamiento de las semillas surge como una alternativa clara ante las necesidades de preservación de este material biológico, en ocasiones por solo unos días y otras por largos períodos de tiempo, de forma que las condiciones de almacenamiento, se han tenido que ir adaptando y sobre todo estandarizando, hasta lograr obtener a través de la experimentación los resultados óptimos para cada especie, y para cada variedad en particular.

Se argumenta que por tratarse de un método práctico y económico, el almacenamiento en forma de semilla es el preferido para conservar el 90 % de los seis millones de accesiones mantenidos en colecciones *ex situ* en todo el mundo. Además de que la mayoría de las especies cultivables y forrajeras, así como muchas especies arbóreas producen semillas ortodoxas (Rao y col., 2007; FAO/PGRI, 1994). En el almacenamiento y la preservación de las semillas se utilizan contenedores o empaques, en condiciones ambientales controladas para que mantengan la viabilidad durante períodos prolongados de tiempo (Rao y col., 2007); evitando que absorban agua de la atmósfera después del secado, para clasificarlas y prevenir la contaminación con insectos y enfermedades. El momento más oportuno para empacarlas es inmediatamente después de tener las semillas dentro de los límites de contenido de humedad seguros para su almacenamiento, de tal manera que empacar las semillas consiste en colocar una muestra, ponderada, en un recipiente, que se cierra herméticamente para su almacenamiento (Rao y col., 2007).

Una vez que las semillas, tienen el contenido de humedad adecuado, es necesario decidir cual será el lugar donde se van a almacenar y que tipo de empaque se seleccionará, de acuerdo al número de semillas que se van a almacenar, a la especie, al tamaño de la semilla que se va a conservar, al tiempo que se conservará, el cual puede ser a largo, o corto plazo, al lugar donde se van a colocar, en que condiciones de temperatura y de humedad relativa van a permanecer y considerar si será necesario que los empaques se estén abriendo en determinados períodos, entre otras cosas. El número de semillas que se debe empacar para almacenamiento, dependerá de la especie que se esté conservando y

de la frecuencia con que se retiran las semillas para monitoreo, distribución y regeneración si fuese necesario. Si se requiere trabajar con unidades de peso, al conocer el peso de 100 o de 1000 semillas se puede hacer la conversión como sigue (Rao y col., 2007).

Número de semillas en la muestra = $\text{Peso de la muestra (g)} \times 100 / \text{Peso de 100 semillas (g)}$

Se dispone de dos opciones para el almacenamiento de semilla, los congeladores y los cuartos fríos. La selección depende del número de muestras que se vayan a almacenar, del tamaño de las semillas y de las temperaturas de almacenamiento elegidas (Rao y col., 2007). Una vez decidido el tipo de almacenamiento a utilizar, se elige el empaque, donde se pueden utilizar recipientes de diferentes tipos; la selección dependerá de las condiciones de almacenamiento y de la especie, el material de empaque debe ser totalmente impermeable al agua y adecuado para uso a largo plazo; los recipientes más comúnmente utilizados son los frascos de vidrio, las latas de aluminio, las bolsas de aluminio laminado y los recipientes de plástico (Rao y col., 2007). Cada tipo de recipiente tiene sus ventajas y desventajas; los frascos de vidrio son buenos, pero se pueden romper fácilmente, las latas de aluminio son difíciles de resellar una vez abiertas, las bolsas de aluminio laminado se pueden resellar y ocupan menos espacio que otros recipientes, pero las semillas con proyecciones filosas las pueden perforar y la humedad se puede filtrar al interior, los recipientes de plástico y las latas de aluminio con tapa son resistentes a la humedad, pero no son a prueba de humedad a menos que tengan un sello de caucho para el sellado del recipiente (Rao y col., 2007). En la Figura 8, se muestra como los distintos materiales de empaque tienen influencia sobre el tiempo de almacenamiento y el porcentaje de germinación de las semillas.

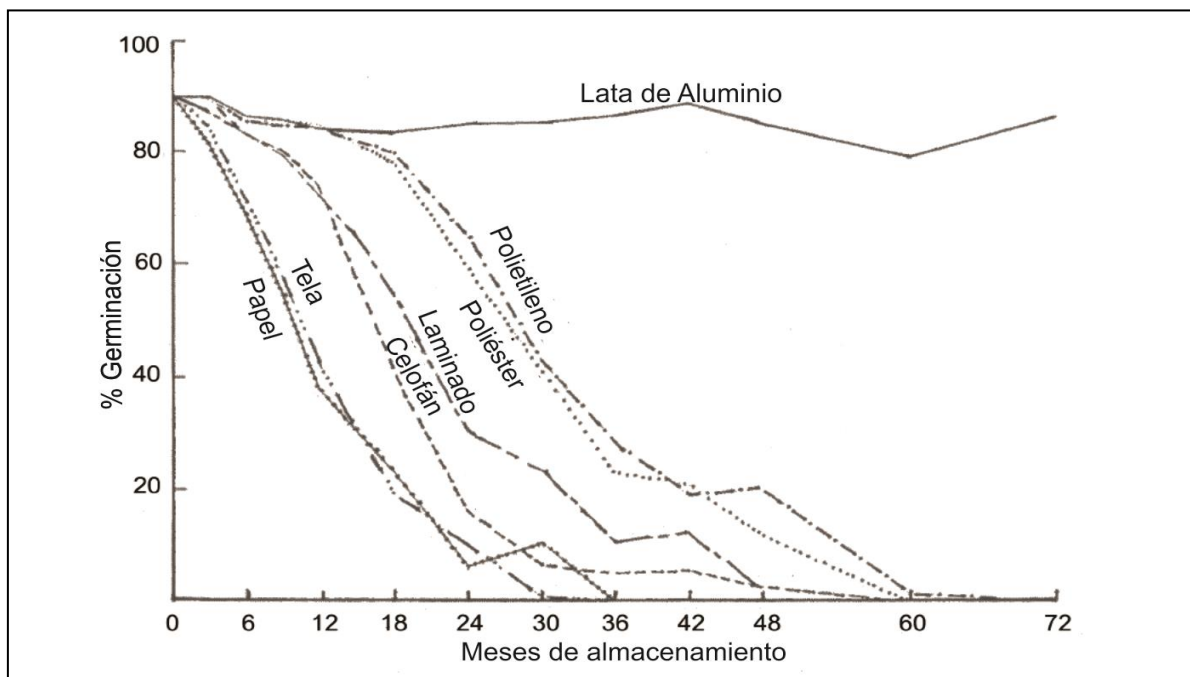


Figura 8. Porcentaje de germinación de semillas de festuca roja rastrera almacenadas en distintos materiales de empaque.

Fuente. (Grabe e Isely, 1969).

Una de las características primordiales en la semilla es su calidad inicial, crucial para determinar el tiempo y las condiciones de almacenamiento (Martín, 2001); es necesario determinar la viabilidad antes de empacar las semillas y a intervalos regulares durante el almacenamiento, esta se reduce lentamente al principio y luego rápidamente a medida que la semilla envejece (Rao y col., 2007). La baja calidad de las semillas de partida es un factor que influye negativamente en su longevidad, normalmente se realizan ensayos de germinación, donde se solicita que las muestras iniciales tengan elevados porcentajes de germinación de acuerdo a Martín, (2001), se toma el 85 % como valor umbral. Por otra parte Hampton, (1995); menciona que las semillas pierden vigor y por tanto viabilidad también durante el almacenamiento, conduciendo a considerables pérdidas, por el contrario semillas que tienen una viabilidad inicial alta sobrevivirán más tiempo en almacenamiento, maximizando su longevidad; otros investigadores recomiendan un contenido de humedad del 4-8 % antes del almacenamiento para evitar daños a la semilla (Benková y Zaková, 2009), básicamente es el estado de prolongación de dormancia que es sostenido con temperatura y humedad bajas.

El almacenamiento de la semilla para uso a futuro es esencial para conservar una alta calidad, viabilidad y vigor por varios períodos de tiempo, reduciendo la tasa de deterioro (Doijode, S.D., 2001); hay dos modalidades de preservación de semilla: las colecciones base, que conservan las muestras de semilla a largo plazo para seguridad y las colecciones activas, que mantienen muestras de semilla para uso inmediato, estas colecciones varían en cuanto a temperatura, humedad relativa, contenido de humedad de las semillas y tipo de recipientes utilizados (Rao y col., 2007). Se ha definido a una colección base como un conjunto de muestras únicas, cuya integridad genética es lo más cercana posible a la muestra original, para mantener su viabilidad las semillas se almacenan durante períodos prolongados de tiempo a temperaturas bajo 0°C, generalmente entre (-18 y -20°C), la preparación de las muestras, consiste en secarlas a un contenido de humedad de 5 ± 2 % dependiendo de la especie, y utilizar semillas limpias y sanas, con un porcentaje de germinación superior a 85 %, luego se colocan en recipientes adecuados y herméticamente sellados (Rao y col., 2007); en cuanto a las colecciones activas, se componen de muestras disponibles para distribución inmediata, son de acceso frecuente y se mantienen en condiciones que garanticen una viabilidad de por lo menos 65 %, durante 10-20 años (FAO/IPGRI, 1994).

Benková y Zaková, (2009), en una investigación realizada en *Lycopersicon esculentum* Mill, encontraron una germinación crítica de 75 %, y una germinación inicial de 95.37 ± 0.92 , también muestran un ligero decremento a 94.66 ± 1.11 después de 10 años de almacenamiento y 4 °C; finalmente una germinación de 95.63 ± 0.79 , ligeramente mayor a la inicial a -17 °C por el mismo tiempo de almacenamiento; esto en semillas colocadas sobre papel filtro humedecido, dentro de cajas Petri incubadas de 4-10 días, a una temperatura de 20 a 30 °C, de acuerdo a estándares ISTA, AOSA.

MATERIALES Y METODOS

Muestreo

Se adquirieron frutos de tomate de cultivar “Saladette”, en una de las comercializadoras de vegetales de Central de Abasto Francisco I. Madero, ubicada en el poniente de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. De acuerdo al comerciante, el producto fue cosechado en Ensenada, Baja California Norte, México. Los frutos se transportaron al laboratorio, y del lote total se seleccionaron 227 tomates, de donde se eligieron los más maduros de acuerdo a la intensidad de color, con mayor firmeza y que no presentaron daños aparentes de forma visible. Una vez realizada la selección los frutos fueron lavados con agua jabonosa y después con agua destilada en dos ocasiones, luego se dejaron secar a temperatura ambiente (25°C), sobre papel traza en la mesa de trabajo del laboratorio.

Del total de frutos seleccionados, se separó una muestra de 80 tomates, para realizar el análisis de firmeza y obtener así un parámetro indicador del estado de madurez de los frutos elegidos para el presente trabajo. En la Figura 9, se muestra el diagrama experimental general utilizado para los distintos tratamientos de secado y los análisis realizados a semillas de tomate cultivar “Saladette”.

Análisis de Firmeza

Se eligieron 80 frutos de forma aleatoria para la determinación de firmeza. La medición se llevó a cabo con un Penetrómetro Chantillón DFM-50, con un punzón de 0.8 mm de diámetro. Se utilizaron frutos con corteza, en los que se midió la firmeza de cuatro puntos localizados en la zona ecuatorial de tomate variedad “Saladette” en madurez comercial, eligiendo al azar del total de tomates seleccionados para tener un dato que confirme que los frutos se encontraban en un óptimo estado de madurez (Batu, 1998).

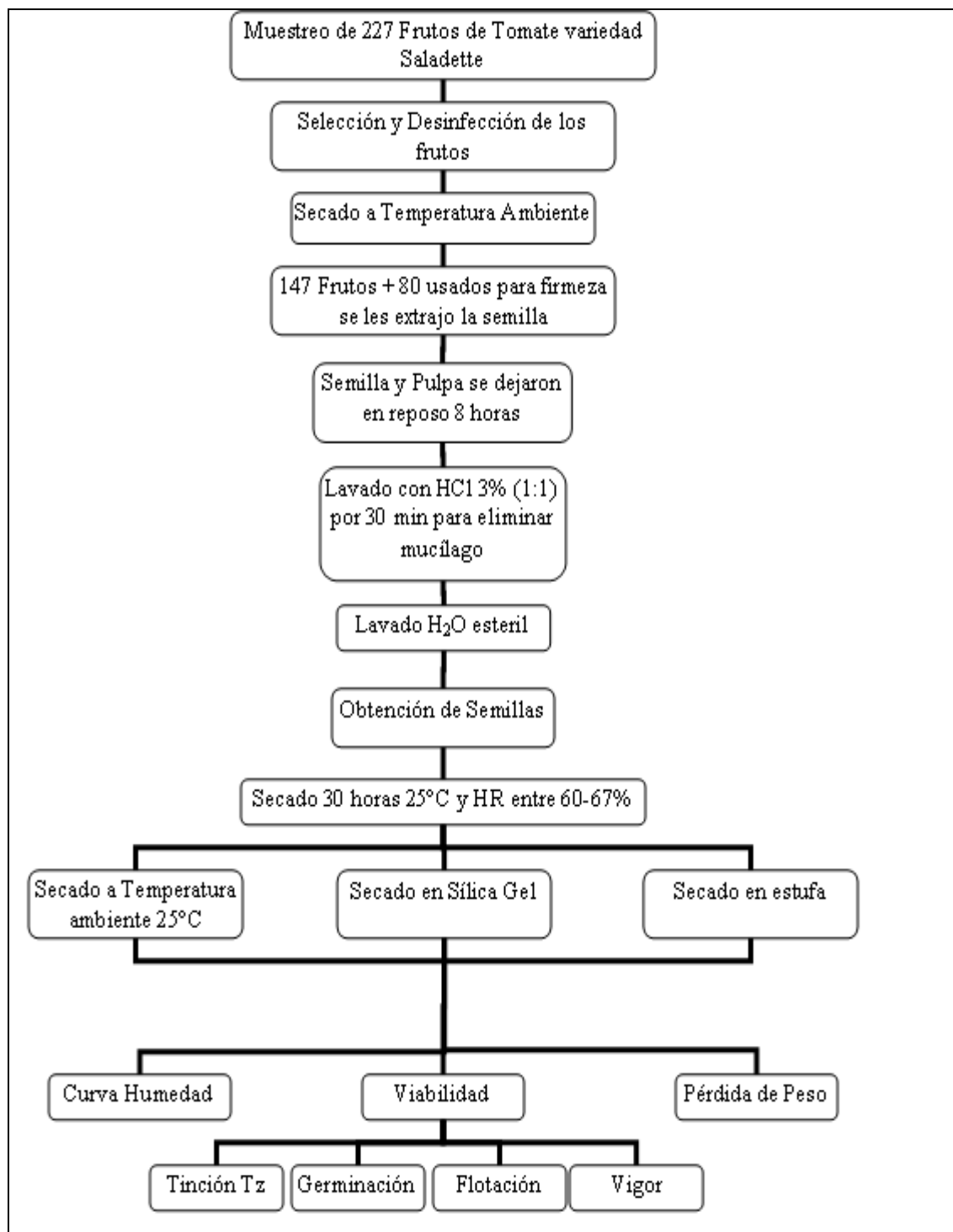


Figura 9. Diagrama experimental de los tratamientos de secado y análisis realizados a las semillas de tomate cultivar “Saladette”.

Separación de Semillas

El total de los frutos seleccionados (227), incluyendo los que se utilizaron para el análisis de firmeza, fueron cortados en dos partes, se les retiraron las semillas con la pulpa y el jugo, los cuales fueron recolectados en un recipiente, luego se separó el jugo de la mezcla utilizando un colador. Las semillas y la pulpa de los frutos se dejaron reposar en un recipiente de plástico, sobre la mesa del laboratorio a 25 °C, por espacio de 8 horas aproximadamente. Transcurrido ese tiempo, la pulpa y las semillas se mezclaron con una solución de HCl al 3 % en una proporción 1:1 por 30 minutos (Rao y col., 2007), para eliminar el mucílago de la semilla. Inmediatamente después se realizaron varios enjuagues con agua destilada estéril para limpiar la mezcla del ácido, se extrajo la semilla de la pulpa y del mucílago que la protegía, frotando con cuidado las semillas sobre una malla de alambre de un calado de aproximadamente 1 mm de diámetro (para separar las semillas de la pulpa).

Presecado de Semillas

Una vez limpias las semillas, se colocaron sobre la mesa de laboratorio esparciéndose sobre una tela de alambre formando una película delgada para eliminar el exceso de humedad, con la ayuda de flujo de aire durante 30 horas, proporcionado por 2 ventiladores pequeños, a una temperatura alrededor de 25 °C y una humedad relativa que fluctuó entre 60 % y 67 %. Después de que las semillas fueron pre-secadas, se tomaron muestras para determinarles porcentaje de humedad y viabilidad mediante las técnicas de flotación, tinción con la sal de tetrazolio, germinación y vigor (Rao y col., 2007).

Agrupación de las Semillas Antes del Secado

Las semillas de tomate variedad “Saladette”, se formaron aleatoriamente en 45 grupos en total conteniendo 200, 300 y 500 semillas, las cuales se introdujeron en bolsas de tela de tricón 100 % polyester para los tratamientos de secado con sílica gel, secado en estufa y el control (temperatura ambiente). En cada uno de los tratamientos se realizó el siguiente muestreo de acuerdo a la variable a analizar: para los análisis de viabilidad se requirió de un

total 900 semillas, de las cuales un triplicado de 300 semillas cada uno, fue utilizado para los ensayos de flotación, tinción con tetrazolio y para germinación y vigor. Para la determinación de humedad de equilibrio (porcentaje de humedad) se requirió de un total de 1500 semillas, utilizando un triplicado con 500 semillas cada uno y para la determinación de pérdida de peso se utilizó un total de 600 semillas para formar tres replicas de 200 semillas cada uno.

En el caso del análisis de viabilidad se incluyó un control negativo, el cual fue sometido a temperatura de 120°C por tres horas en un horno de secado por convección modelo 1321F Marca VWR. Para este ensayo se utilizaron 2 replicas con 25 semillas cada ensayo y se introdujeron en bolsas de tela de tricón 100 % polyester; estas semillas fueron usadas en los ensayos de flotación, tinción con tetrazolio, germinación y vigor. Todas las bolsas fueron etiquetadas de acuerdo a su tratamiento y parámetro según el análisis pertinente en cada caso.

Adicionalmente, se realizaron cuatro muestreos durante el desarrollo del estudio de las semillas, denominados como: Muestreo inicial (T0= 0 horas.), muestreo 1 (T1= 82 horas), muestreo 2 (T2= 158 horas) y muestreo 3 (T3= 400 horas).

Secado de Semilla de Tomate (“Saladette”) Utilizando Sílica Gel.

En un frasco grande de cristal tipo vitrolera (de 20 L), se agregó gel sílica gel (Sílica Gel con Indicador, HYCELL de México SA de C.V) previamente seca en estufa por 2 horas aproximadamente, a una temperatura de 90 a 100 °C en relación 5:1 de acuerdo a la cantidad de semilla a introducir. Se colocaron dentro del frasco de cristal 3 bolsas con 500 semillas cada una para determinaciones periódicas de humedad, 3 bolsas conteniendo 200 semillas cada una para realizar mediciones de peso, 3 bolsas más con 300 semillas para llevar a cabo la prueba de flotación, un triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de tinción con tetrazolio y otro triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de germinación en sustrato. Todas las pequeñas bolsas con semillas se colocaron sobre una malla metálica, dentro del recipiente de cristal herméticamente cerrado, que contenía la sílica gel seco y se mantuvieron a una temperatura alrededor de 25 °C, la cual se monitoreó diariamente al igual que la humedad relativa (Rao y col., 2007).

La sílica gel fue removida periódicamente, con la finalidad de evitar la saturación de la sal por la humedad liberada por las semillas. Fue monitoreada, de acuerdo al cambio de color del indicador que contiene la sílica, el cual varía de naranja a incoloro, dependiendo de la humedad que se hubiese absorbido. Cuando la humedad se mantiene constante en las

semillas, es indicio de la proximidad de la humedad de equilibrio. Además se llevaron a cabo los análisis correspondientes de flotación, viabilidad por tinción con tetrazolio, germinación y vigor a todos los grupos de semillas.

Secado de Semillas de Tomate (“Saladette”) en Estufa.

Se colocaron dentro de la estufa (Estufa Convencional serie 140E, Quincy Lab) mantenida a 25°C y 63.3 % de humedad relativa: 3 bolsas con 500 semillas cada una para determinaciones periódicas de humedad, 3 bolsas conteniendo 200 semillas cada una para realizar mediciones de peso, 3 bolsas más con 300 semillas cada una, para llevar a cabo la prueba de flotación, un triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de tinción con tetrazolio y otro triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de germinación y vigor. Todas las pequeñas bolsas con semillas se colocaron sobre una parrilla metálica dentro de la estufa (Rao y col., 2007).

Determinación de Porcentaje de Humedad de Semillas

Se tomó una sub-muestra de 20 semillas de cada uno de los tratamientos manejados por triplicado, y se llevaron a recipientes previamente pesados utilizando una Balanza Analítica Sartorius CPA 225D y secados a 130 °C por una hora y mantenidos en un desecador por una hora más. Las muestras en los recipientes se pesaron nuevamente y se introdujeron en un horno de secado por convección modelo 1321F Marca VWR a una temperatura entre 130-133 °C por una hora. Inmediatamente después se sacaron del horno y se colocaron de nuevo en un desecador por 45 minutos. Al término de éstos se pesaron otra vez y se registró el peso. Se calculó el contenido de humedad con base en el peso fresco y se expresó en porcentaje (ISTA, 2005; Rao y col., 2007).

Contenido de humedad (%) = $P2 - P3 / P2 - P1 \times 100$ en donde:

P1 = peso del recipiente

P2 = peso del recipiente y la muestra antes del secado

P3 = peso del recipiente y la muestra después del secado

Análisis de Humedad de Equilibrio

Se estableció la curva de humedad de equilibrio para las semillas del cultivar de tomate “Saladette” mantenidas en secado con sílica gel, en estufa, y para el control (mantenido a temperatura ambiente 25°C y 60-67 % HR). Se tomaron los datos de porcentaje de humedad de las semillas para establecer la curva de humedad de equilibrio (Rao y col., 2007).

Determinación de Pérdida de Peso

Para monitorear el peso de las semillas se realizaron mediciones diarias, utilizando una balanza analítica Sartorius CPA 225D, 3 bolsas conteniendo 200 semillas cada una, mantenidas en los diferentes tratamientos de secado, en el secado mediante sílica gel y en el secado en estufa, así como en las muestras control mantenidas a temperatura ambiente.

Análisis de Viabilidad

La viabilidad de las semillas fue analizada utilizando cuatro análisis: la prueba de flotación de las semillas, la prueba de tinción con tetrazolio, el ensayo de germinación (inicio de la brotación) y vigor.

Prueba de Flotación

Se tomaron 20 semillas de tomate de cada uno de los grupos de los diferentes tratamientos y se colocaron en un recipiente conteniendo 20 mL de agua, se mantuvieron allí durante 24 horas, con la finalidad de separar semillas vanas (vacías), que flotan en la superficie del agua, de las que se hunden (llenas) (Landis y col., 1998).

Prueba de Tinción con Sal de Tetrazolio

En un recipiente se colocaron 10 semillas de tomate de cada uno de los triplicados asignados para la realización de prueba de tinción con tetrazolio, por 24 horas en agua a temperatura ambiente de 25 °C. Para facilitar el corte de la cubierta de semilla, las semillas se escurrieron y se les realizaron pequeñas incisiones (Figura 10) para que el colorante pudiera penetrar (Rodríguez y col., 2008). Luego, se adicionó la solución de cloruro de tetrazolio al 0.1 % a las semillas, lo suficiente para cubrir las y se incubaron por 5 horas a una temperatura de 35 °C (Korkmaz y col., 2004). Después de la incubación las semillas se lavaron varias veces con agua desionizada para eliminar el exceso de colorante, se colocaron en una caja Petri para observarlas bajo el estereoscopio AmScope DCM600E. Se evaluó el patrón de tinción de las semillas donde el color de los tejidos viables es rojo intenso (Grabe, 1970; AOSA; Korkmaz y col., 2004; Rodríguez, 2008).

Se clasificaron dos categorías según el patrón de tinción (ISTA, 2005 en: Rao y col., 2007).

- Semillas totalmente teñidas que son viables
- Semillas totalmente libres de coloración que son no viables

Las semillas parcialmente teñidas pueden producir plántulas normales o anormales, dependiendo de la intensidad y patrón de la tinción. En este caso se tomaron como no viables.

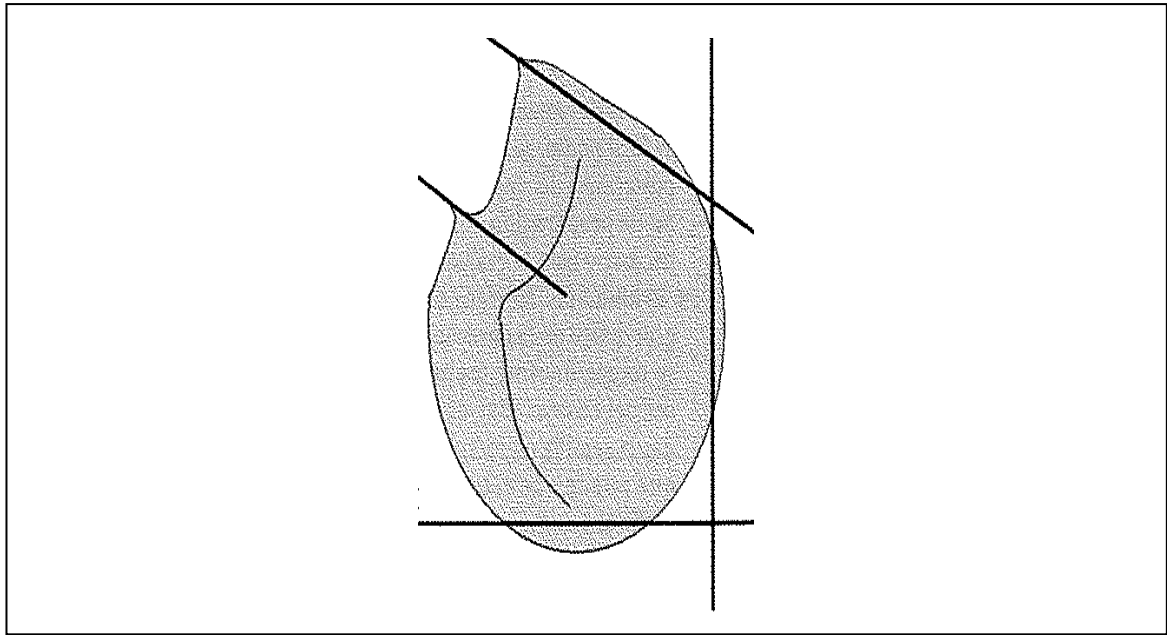


Figura 10. Esquema de los cortes efectuados a las semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), para realizar la preparación de tinción con tetrazolio (TZ)

Fuente: (Rodríguez y col., 2008)

Ensayo de Germinación y Vigor

Para llevar a cabo esta prueba se colocó sustrato PRO-MIX, (Turba de sphagnum canadiense (75-85 %), perlita, piedra caliza (para ajustar pH) y agente humectante), humedecido con agua destilada estéril, en vasos previamente perforados en el fondo, se utilizaron 10 repeticiones por cada grupo y se adicionó la semilla de tomate aproximadamente a 1.5-2.0 cm de profundidad del sustrato, luego se cubrió con el mismo, finalmente los vasos con las semillas fueron agrupados en charolas, a las cuales se les colocó una tela adsorbente humedecida en el fondo, para crear un ambiente húmedo (aproximadamente 80 % de HR), se incubaron de 33-35 °C en oscuridad. Una vez germinadas, las semillas se retiraron de la oscuridad para el desarrollo y crecimiento de las plántulas. Para determinar vigor, se utilizaron semillas germinadas anteriormente descritas para ser trasladadas luego a una cámara de crecimiento (Convectonal Incubator 30 MR. Precisión. Modelo 603011567), mantenida a temperatura constante de 25 °C, con fotoperiodo de 8 horas de oscuridad y 16 horas de luz. El crecimiento y desarrollo de las plántulas fue registrado periódicamente de acuerdo a la longitud del tallo (cm), la

emergencia de hojas cotiledonales y el desarrollo de las primeras hojas verdaderas. Para esta prueba se determinó el porcentaje de plántulas que desarrollaron hojas cotiledonales y hojas verdaderas. En el caso de las hojas verdaderas, se determinó el porcentaje de plantas que lograron desarrollar dos o más de ellas (Fernandez-Bravo y col., 2006).

Análisis Estadísticos de los Datos

El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante un diseño completamente al azar (ANOVA) y la comparación de medias se llevó a cabo utilizando el método de Tukey-Kramer, con un nivel de probabilidad de $P < 0.05$, utilizando el software NCSS (Number Cruncher Statistical System) versión 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza

Se obtuvo un promedio de firmeza de 23.2 ± 2.6 Newton. Los datos de firmeza variaron desde 18 hasta 35 Newton, valor que corresponde a tomates con un estado de madurez adecuado. Resultados similares de firmeza en tomate de árbol con grado de madurez en poscosecha, son reportados por Márquez y col., (2007), de acuerdo a lo descrito por ellos la firmeza del fruto se determinó a partir de ensayos de punción, obteniendo niveles de fuerza máxima de penetración de alrededor de 40 Newton al momento de la cosecha, hasta niveles de alrededor de 28 Newton en estado de madurez de consumo, disminuyendo conforme transcurre el tiempo a una firmeza de 24 Newton 14 días después de la cosecha, valores que coinciden con los reportados en este estudio.

Se puede apreciar que los resultados obtenidos experimentalmente se encuentran dentro de parámetros normales, de manera que el tomate utilizado para los análisis de este estudio, probablemente se encontraba alrededor de 14 días de poscosecha, en su máxima madurez con un valor de 23.2 ± 2.6 newton.

La firmeza es fundamental para la aceptación de los frutos y para su posible almacenamiento, y depende del momento de recolección y de la temperatura de almacenaje. Es posible relacionar la textura con el color externo del fruto puesto que la evolución del color de la piel y los valores de firmeza una vez recolectada la fruta son paralelos, de manera que al conocer como va variando el color con el tiempo, se podría predecir cómo varían los valores de firmeza y viceversa (Valero y Ruíz, 1998).

Determinaciones de firmeza y de otras variables, fueron realizadas por García y col., (2009). Ellos compararon Enerplant y Pectimorf, dos productos comerciales y un testigo, para evaluar la acción de oligosacáridos extraídos de la pared celular de plantas, en el rendimiento y calidad de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum* Mill), tipo bola var. "EF 163". Utilizaron un analizador de textura TA-XT2 de Stable Micro Systems (EE. UU.) por medio de una prueba de penetración de una punta cónica TA – 15, a una velocidad de 2mm/s, hasta una profundidad de 10 mm., antes de la penetración se retiró la cutícula de los frutos. Obtuvieron una firmeza entre 817 g_f y 820 g_f para los cuatro primeros racimos de tomate, estos superaron al testigo que tuvo una firmeza de 666 g_f. Los resultados aquí mostrados difieren de los obtenidos en este trabajo, debido a que el analizador utilizado así como las condiciones empleadas para realizar la medición, son diferentes. Sin embargo la

determinación de firmeza es una prueba que se utiliza de forma común, para evaluar la calidad de los frutos.

Zapata y col., (2007), realizaron una correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides, con la finalidad de investigar la concentración de los componentes antioxidantes presentes en tomate "Alma" y su actividad total durante el crecimiento, almacenamiento, maduración y comercialización. En donde además de color, se hicieron determinaciones de firmeza del fruto, como indicadores del estado de madurez, encontrando una alta correlación entre las concentraciones de licopeno y de β -caroteno, responsables del color rojo del tomate con los parámetros texturales. La textura se determinó utilizando una máquina universal TA-XT2i versión 2.64 E, por punción del fruto, reportan valores de firmeza desde 11.65 ± 1.04 Newton en el crecimiento del tomate, hasta 4.00 ± 0.76 Newton en la etapa de comercialización, pasando por 7.02 ± 0.99 Newton, en el almacenamiento y por la etapa de maduración con 6.15 ± 0.93 Newton; se puede apreciar como va disminuyendo la firmeza del fruto conforme avanza su estado de madurez.

Pérdida de Peso

En la Figura 11, se muestran los datos obtenidos de pérdida de peso de las semillas en los distintos tratamientos de secado. En este parámetro se observó una disminución de peso en las primeras 77 horas (Figura 12) después de iniciado el análisis, es destacable el descenso en peso de las muestras sometidas al secado en sílica gel, desde 1.39 mg hasta 0.96 mg. Para el secado en estufa, el peso disminuyó en algunos puntos intercalando un ligero aumento, el secado de estas semillas mostró un comportamiento muy variable durante el tiempo de secado.

En el caso de las muestras control se observa una disminución en el peso durante las primeras 20 horas desde 1.82 hasta 1.41. De acuerdo a los datos obtenidos, los pesos en las semillas secadas mediante sílica gel y el control mostraron una tendencia a bajar durante el tiempo, no así el peso de las semillas secadas en estufa. Sin embargo, de acuerdo a las desviaciones estándar de las medias, los datos obtenidos en los tres distintos tratamientos no presentan diferencias entre ellos.

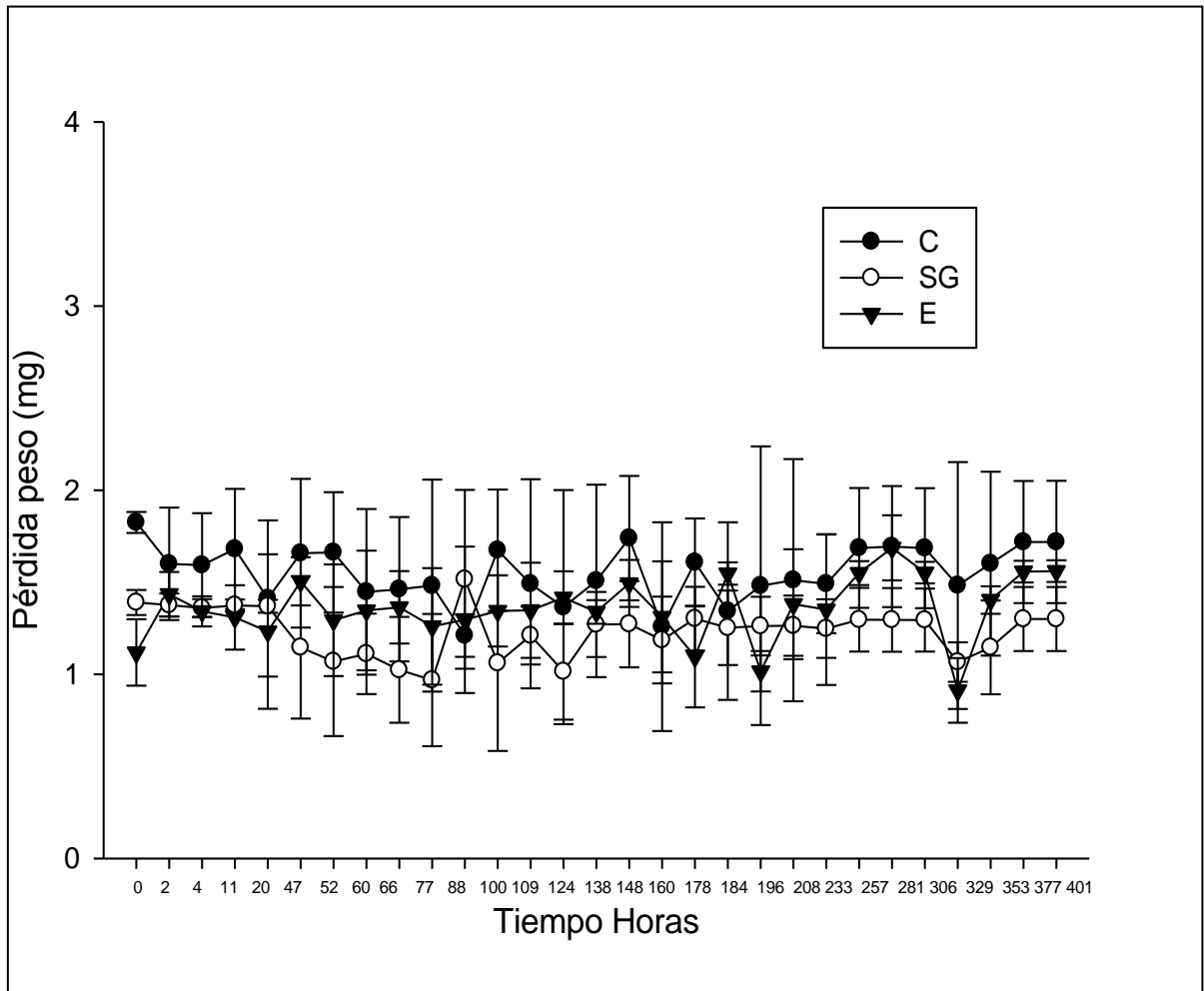


Figura 11. Análisis de pérdida de peso en semillas de tomate cv “Saladette” durante tratamientos de secado: C: Muestra control, SG: Secado sílica gel y E: Secado en estufa, mantenidas a 25 °C durante 401 horas. Las barras indican la desviación estándar de las medias.

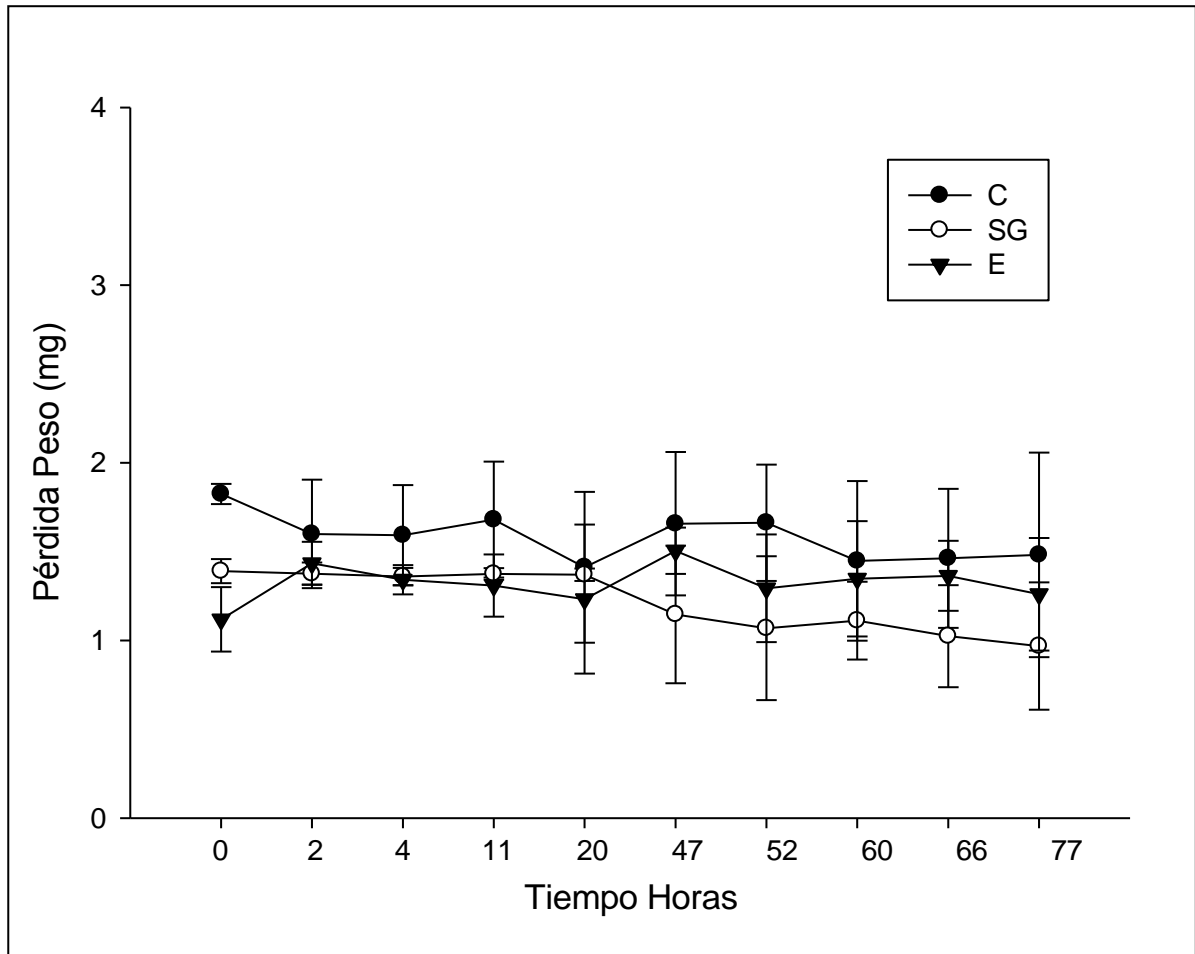


Figura 12. Análisis de pérdida de peso en semillas de tomate cv “Saladette” durante tratamientos de secado: C: Muestras control, SG: Secado sílica gel y E: Secado en estufa, mantenidas a 25 °C durante las primeras 77 horas. Las barras indican la desviación estándar de las medias.

Curva de Humedad de Equilibrio y Porcentaje de Humedad en las Semillas

Los resultados obtenidos (Figura 13) nos muestran un porcentaje de humedad de la semilla de alrededor del 8 %, después del pre-secado, es decir, al inicio del estudio en el tiempo cero (T0). Este resultado coincide con lo mostrado por Pérez y col., (2008), que reportan valores de 8 ± 1.2 % de humedad cuando aplicaron dos distintos tipos de secado en semillas de tomate de cáscara, uno a temperatura ambiente y otro con aire a 25 °C. El mismo método para la determinación de humedad fue empleado por Babiker y col., (2010) y por Martínez y col., (2010), para determinar humedad en sorgo y en tomate, respectivamente, utilizando semillas enteras. Ellos encontraron valores de humedad en el

rango de 5.6 y 7.5 en sorgo bicolor (L.) Monech y valores cercanos al 3 % en tomate cv Unapal-Maravilla, lo cual se aproxima a los valores obtenidos en este estudio.

En general se observa que el porcentaje de humedad en las semillas del control presenta un comportamiento variable durante el tiempo, éste comportamiento es muy parecido al que manifiestan las semillas en el secado en estufa, aunque la tendencia de ambos porcentajes es a la baja de forma paulatina. En cambio, en el secado con sílica gel, se puede apreciar en la figura 13, una disminución pronunciada del porcentaje de humedad en las semillas, con un valor de 4.7 % de humedad en las primeras 106 horas de mantenerse en sílica gel. Después, el comportamiento de humedad en las mismas varió hasta el final del tratamiento alcanzando un valor de 4.5 % \pm 0.31 de HE (Humedad de equilibrio), a las 400 horas. Sin embargo, el porcentaje de humedad en las primeras 106 horas de las semillas secadas en sílica gel, fue más bajo que las secadas en estufa o las del control; esta observación es interesante, ya que es en este periodo cuando se presentan las mayores diferencias (Figura 14), entre los distintos tratamientos de secado de las semillas. Estos comportamientos de secado son diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tuckey kramer. La humedad de equilibrio en las semillas de tomate cv "Saladette" en los distintos tratamientos se alcanzó a las 400 horas de secado (Figura 13).

Rosso y Defasio, (2009), reportaron la humedad de equilibrio de 4.1 y 4.9 %, alcanzada por especies forrajeras iniciando con una humedad de 11 %. En maíz la humedad de equilibrio estuvo entre 3.9 y 4.9 %, partiendo de una humedad inicial de 13 %. Martínez y col., (2010). También realizaron la determinación de humedad de equilibrio en tomate variedad Unapal-Maravilla encontrando el punto de equilibrio en valores cercanos al 3 %, utilizando sílica gel con 5 % de humedad relativa a 25 °C, logrando en un tiempo de secado de 9 horas la humedad de equilibrio. Las primeras 3.5 horas se alcanzó del 8 al 10 % de humedad, 5 horas después del inicio la humedad se redujo llegando a un rango de 6 a 8 %, el resto del tiempo se logró una humedad del 5 % hasta alcanzar valores por debajo del 3 %.

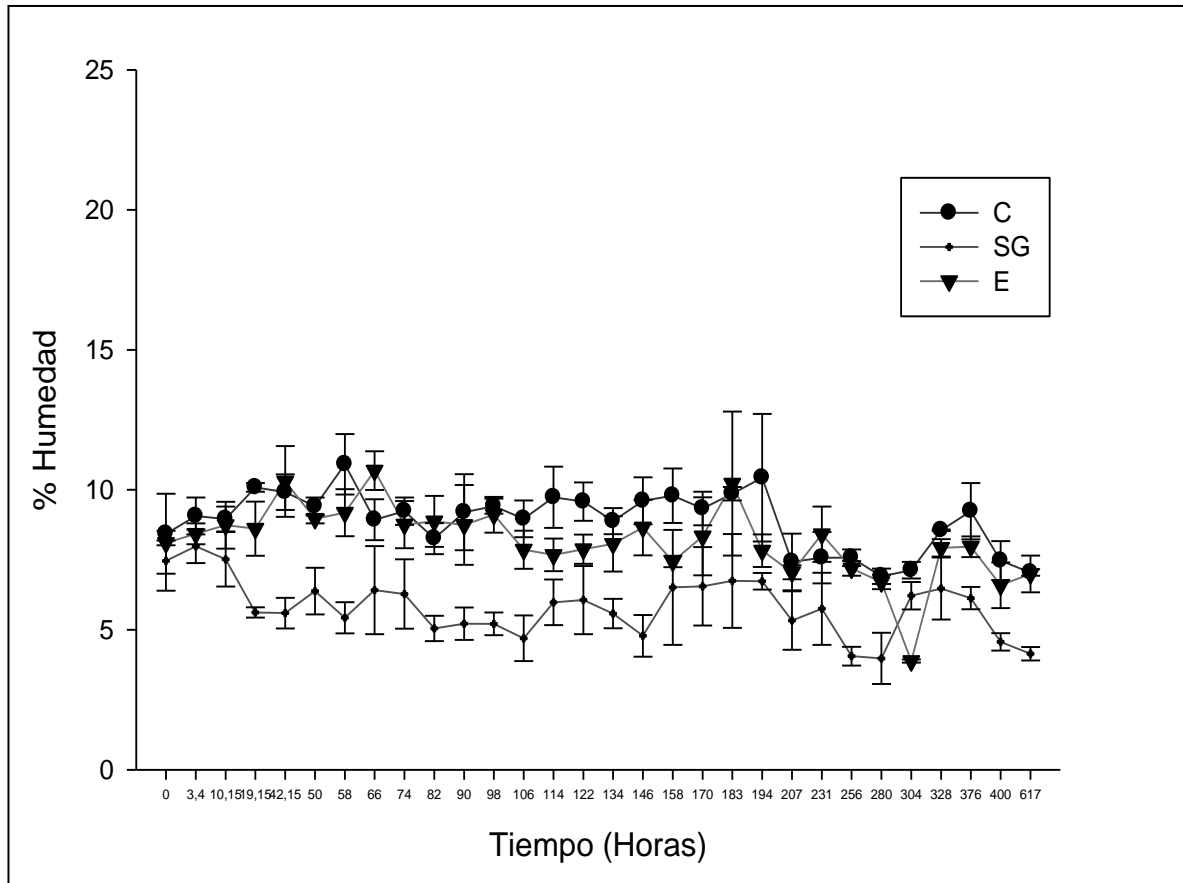


Figura 13. Curva de humedad de equilibrio (% de humedad) de semillas de tomate cv “Saladette” secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C) durante 400 horas. Las barras indican la desviación estándar de la media.

El porcentaje de humedad de las semillas al realizar los distintos muestreos se observa en la Figura 15. También se puede ver que durante los muestreos a las 0 horas a las 82 horas y a las 158 horas, no hay diferencias estadísticas en el porcentaje de humedad de las semillas; sin embargo, la humedad de las semillas del muestreo a las 400 horas, de los diversos tratamientos de secado, es diferente, siendo los valores de humedad de las semillas mantenidas en sílica gel distintos estadísticamente de los tratamientos control y secado en estufa. De manera que las muestras secadas en sílica gel registraron menor porcentaje de humedad, seguidas por aquellas secadas en estufa y por último las semillas del control.

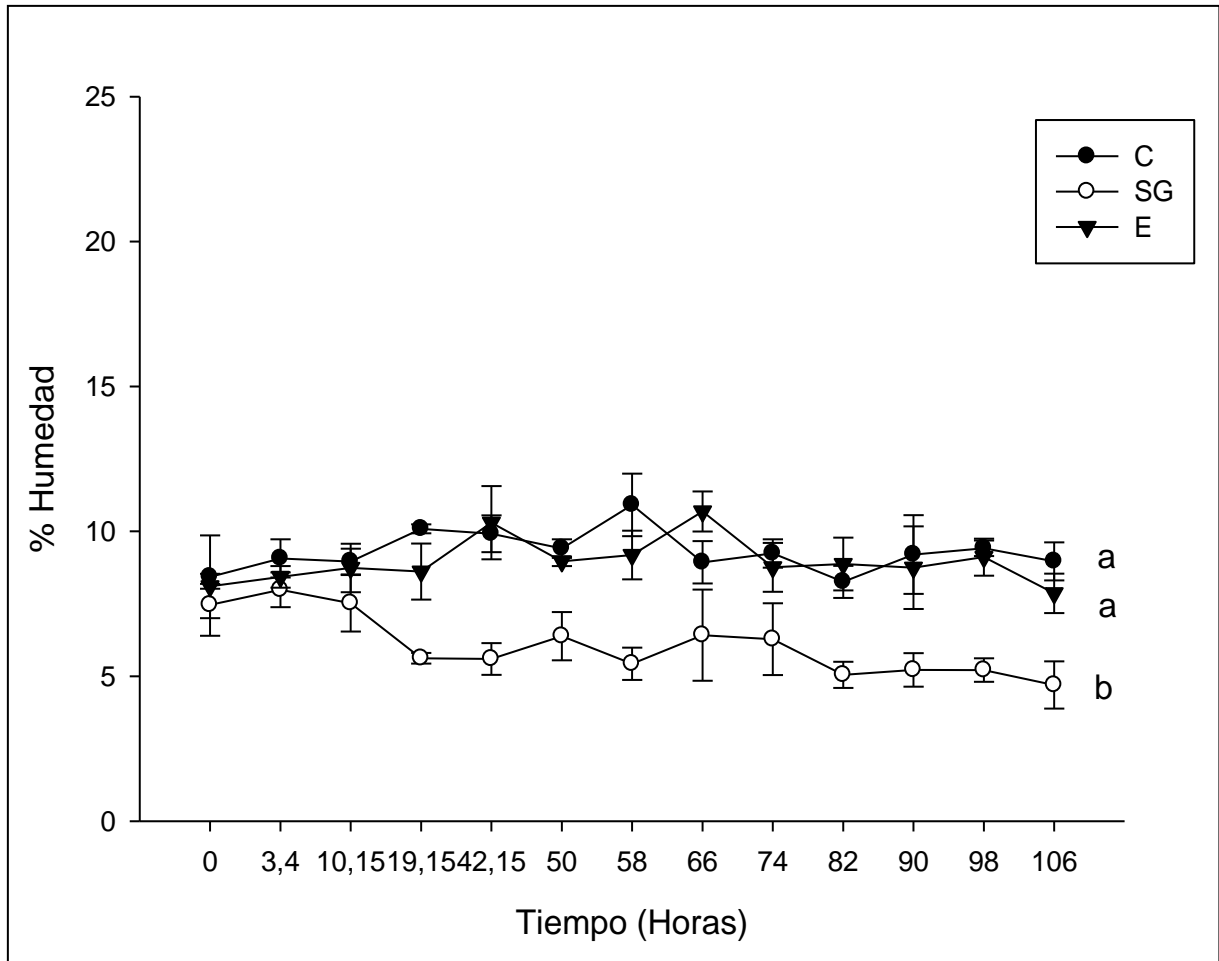


Figura 14. Porcentaje de humedad de semillas de tomate cv “Saladette” secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C) durante las primeras 106 horas. Las barras indican la desviación estándar de la media. Las letras al final de las líneas indican diferencias según la comparación de medias con Tuckey ($p < 0.05$).

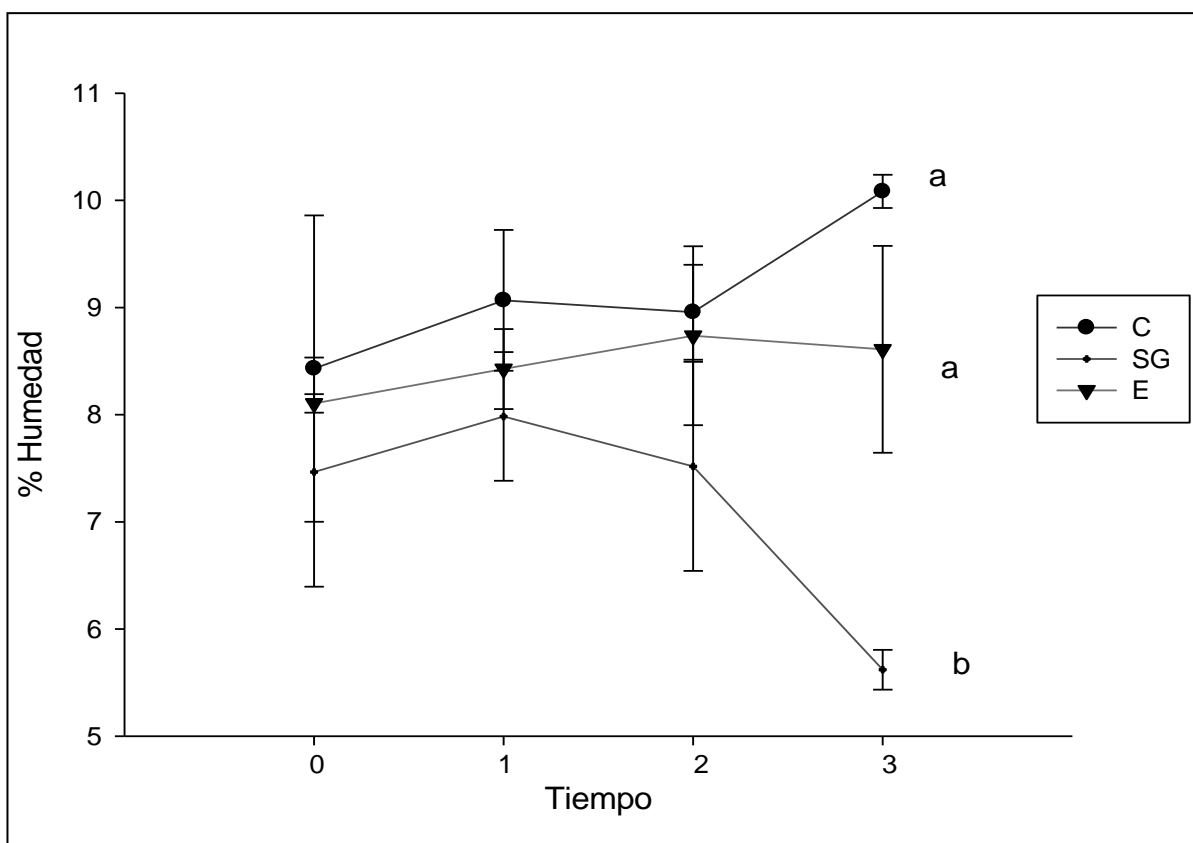


Figura 15. Porcentaje de humedad de semillas de tomate cv “Saladette” secadas en sílica gel (SG), en estufa (E) y control (C), durante los distintos tiempos de muestreo T0: 0 h.; T1: 82 h.; T2: 158 h. y T3: 400 h. Las barras indican la desviación estándar de la media. Las letras al final de las líneas indican diferencias según la comparación de medias con Tuckey ($p < 0.05$).

Humedad Relativa (%), Ambiental y Alrededor de las Semillas Mantenido en Sílica Gel y Estufa

La humedad relativa dentro de cada recipiente se registró diariamente, a temperatura constante de 25 ± 1 °C, los valores de humedad relativa obtenidos durante el desarrollo del estudio para los dos tratamientos de secado y el control se enlistan en la Tabla 13. Se obtuvieron variaciones en la humedad relativa ambiental (control), que fluctúan entre 35 % y 73 %, en la humedad relativa del secado en sílica gel, se aprecia una fluctuación desde 43 % hasta 10 % de humedad relativa dentro del contenedor de vidrio; mientras que para el secado en estufa, se observa una tendencia a la baja, con porcentajes que van desde 63 %

hasta 35 % de humedad relativa, con algunas elevaciones poco frecuentes. Se puede apreciar la acción determinante del desecante (Sílica gel), que provocó una disminución de casi el 33 % en los niveles de humedad relativa, contribuyendo decisivamente en la disminución de humedad de la semilla de tomate variedad "Saladette", desde un contenido de humedad inicial medio de aproximadamente 8 %, hasta alrededor de 4 % de humedad presente en la semilla, 17 días después de iniciado el proceso, esto no se observa en la muestra de control, que tiene un comportamiento totalmente distinto. En el secado mediante estufa, la humedad relativa, tiende a disminuir, pero de forma más inconsistente, por las ligeras elevaciones que se presentan mostrando un comportamiento similar a las muestras control. Pichardo y col., (2010), encontraron que un aumento en la humedad relativa a temperatura constante tiene efectos adversos en el porcentaje de germinación y de vigor.

Secado Mediante Sílica Gel

El porcentaje de humedad inicial de las semillas fue de aproximadamente el 8 % \pm 0.49. En el caso de las muestras control, este porcentaje se elevó al inicio para disminuir después hasta 7 %, en comparación de las semillas sometidas al secado con sílica gel, en donde se puede apreciar una disminución pronunciada del porcentaje de humedad que tiene su menor valor a las 106 horas después de iniciado el tratamiento, hasta lograr disminuir la humedad a 4 %. Martínez y col., (2010), coinciden con el uso de sílica gel: semilla en proporción de 5:1 y reportan un comportamiento similar al del realizado en este trabajo para el secado con sílica gel. El valor reportado en la Tabla 12 de este trabajo, que es una compilación de varios autores, mostrada en Rao y col., (2007). Indica la humedad de equilibrio para ciertas condiciones en particular, la humedad de equilibrio reportada para tomate es de aproximadamente 3.2 % a una humedad relativa de 10 %, a 25 °C. Se obtiene una humedad de equilibrio de 5 % a una humedad relativa de 20 %, con una temperatura de 25 °C. También se muestra la variación del porcentaje de humedad de equilibrio de acuerdo a la humedad relativa ambiental, cuando la temperatura se conserva a 25 °C.

Tabla 13. Porcentaje de Humedad Relativa (%HR): Ambiental del laboratorio (Control), en el contenedor de vidrio con sal de sílica gel y en estufa a 25 °C ± 1.

Horas	Control	Sílica gel	Estufa
0	63.6	43.2	63.3
2	68.4	38.4	56.2
4	63.5	31.8	57.7
11	58.9	32	52.2
20	56.6	28.5	50.1
47	51	31.6	51.4
52	63.5	26.1	62
60	58.4	22.5	55.9
66	58.5	20.7	51.1
77	67.5	28.3	57.6
86	67.4	34.6	59.5
100	60.9	22.4	44.1
109	65.3	36.8	48.8
124	67.7	19.3	47.8
136	63.3	22.6	42.9
148	62.5	17.2	40.4
160	66.5	21	46
173	73	22.1	47.9
184	52.9	13.8	42.9
196	59.6	13.2	43.2
208	40	14.4	47.9
233	40	15	38.8
257	42.5	13.5	40
281	41.8	13.6	43.3
305	39.7	13.2	37.6
329	35.9	14.5	46.2
353	47.9	15.4	35.7
377	49.6	11.8	40.5
401	60.4	10.3	47.8

Por otra parte, se establecen niveles del 3 al 7 % de humedad, para colecciones que se almacenan a largo plazo (colecciones base) y niveles del 3-8 % de humedad, para colecciones almacenadas a corto plazo (colecciones activas) (Rao y col., 2007). El contenido de humedad en equilibrio de 3.2 % mencionado, se aproxima al obtenido por Martínez y col., (2010), quienes reportaron valores de humedad de equilibrio en semilla de tomate *S. lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla cercanos al 3 %, con una humedad relativa de 5 % a 25 °C. Valores similares se obtuvieron cuando se elaboró la curva de secado para pimentón *C. annum* L. var. Unapal-Serrano, en las mismas condiciones de tratamiento.

Esa pequeña diferencia entre la humedad de equilibrio de 3.2 y de 3 % obtenida por Martínez y col., (2010), se puede atribuir a los cambios en la humedad relativa utilizada por Ellos, puesto que la humedad de equilibrio se reduce al disminuir la humedad relativa, de acuerdo a lo reportado para tomate “Cambell-28v”, por Socorro y col., (2007). De igual manera en los resultados obtenidos en este trabajo, se alcanzó una Humedad de equilibrio de 4.5 % \pm 0.31, a una humedad relativa de 10 % a 25 °C.

De forma similar Babiker y col., (2010), utilizaron sílica gel como desecante para evaluar el efecto de métodos de secado de bajo costo en cinco genotipos de semillas de sorgo sujetas a tres regímenes de secado, al sol, a la sombra y en sílica gel. En este último método, las semillas fueron puestas dentro de bolsas porosas e introducidas en un desecador con una proporción 2:1 (semilla: sílica gel), mantenidas a una temperatura entre 20 y 25 °C, las variaciones en las semillas fueron monitoreadas hasta alcanzar un peso constante. Se utilizó también como control un secador de semilla especializado para tal fin, ajustado a 20 °C y una humedad relativa de 15 %. El proceso de secado a la sombra se realizó a 22 °C y una humedad relativa de 43 %. Obteniéndose menor porcentaje de humedad en el tratamiento con sílica gel con valores entre 6.0 y 6.2 %, que en el secador de semilla con valores que fluctuaron entre 7.1 y 7.5 % y que en la semilla secada a la sombra que tuvo porcentajes de humedad desde 6.5 y 6.8 %. Los menores porcentajes de humedad se obtuvieron con el secado al sol que estuvieron dentro del rango de 5.6 a 5.9 %. Lo mismo ocurrió con las semillas de tomate variedad “Saladette”, que se utilizaron en este trabajo, donde el porcentaje de humedad entre 4 y 5 % que se obtuvo, al utilizar sílica gel como desecante, fue menor que el obtenido en el secado en estufa y que el control mantenido a la sombra, de manera que existen coincidencias entre ambos resultados.

Secado Mediante Estufa

Se utilizó este método para llevar a cabo el secado de semilla, partiendo de un porcentaje de humedad de alrededor de 8 % y se observó un comportamiento muy similar al control pero se obtuvieron porcentajes de humedad levemente menores. Para lograr contenidos de humedad del orden del 6 %, con 17 días de permanencia del experimento, de manera que se observa ya una mínima variación en la humedad presente en la muestra lo que nos remite a la humedad de equilibrio. De forma similar Pérez y col., (2008), sometieron a desecación con aire a 25 °C, semillas de tomate de cáscara, hasta alcanzar un peso constante alrededor de 8 % de humedad. Babiker y col., (2010), secaron semilla de sorgo en un secador a 20 °C y 15 % de humedad relativa, hasta alcanzar un porcentaje constante de humedad que fluctuó entre 7.1 y 7.5 %, contenidos de humedad mayores que los del secado con sílica gel, los secados a la sombra y los que se expusieron directamente al sol, así como los contenidos de humedad obtenidos en estufa en este trabajo.

Pruebas de Viabilidad

Se llevaron a cabo distintos análisis de viabilidad que incluyeron las pruebas de: Flotación, Tinción con sal de Tetrazolio, Germinación y Vigor. Estas pruebas se realizaron en 4 muestreos a distintos tiempos durante el desarrollo del trabajo, en el tiempo inicial 0 horas, a las 82 horas, a las 158 horas y a las 400 horas.

Prueba de Flotación

La viabilidad en este ensayo se determinó en porcentaje, de acuerdo a la cantidad de semillas precipitadas (viables) y aquellas que flotan (no viables). En este ensayo (Figura 16), se obtuvo 100 % de viabilidad para las semillas sometidas a secado en los tres tratamientos: control, estufa y sílica gel en los distintos tiempos de muestreo, y 96 % de viabilidad para las muestras del control solamente en el inicio. Estos resultados nos indican que los diferentes tratamientos de secado probados en el presente trabajo no afectaron la viabilidad de las semillas de tomate cv "Saladette". De igual forma Bonfil-Sanders y col., (2008), analizaron la viabilidad de semillas de *Bursera* (un árbol de los bosques tropicales), utilizando el método de flotación en agua, para separar las semillas vanas (vacías) de las

que se hunden (llenas); Ellos encontraron valores desde el 2 % hasta casi el 68 % de viabilidad en estas semillas.

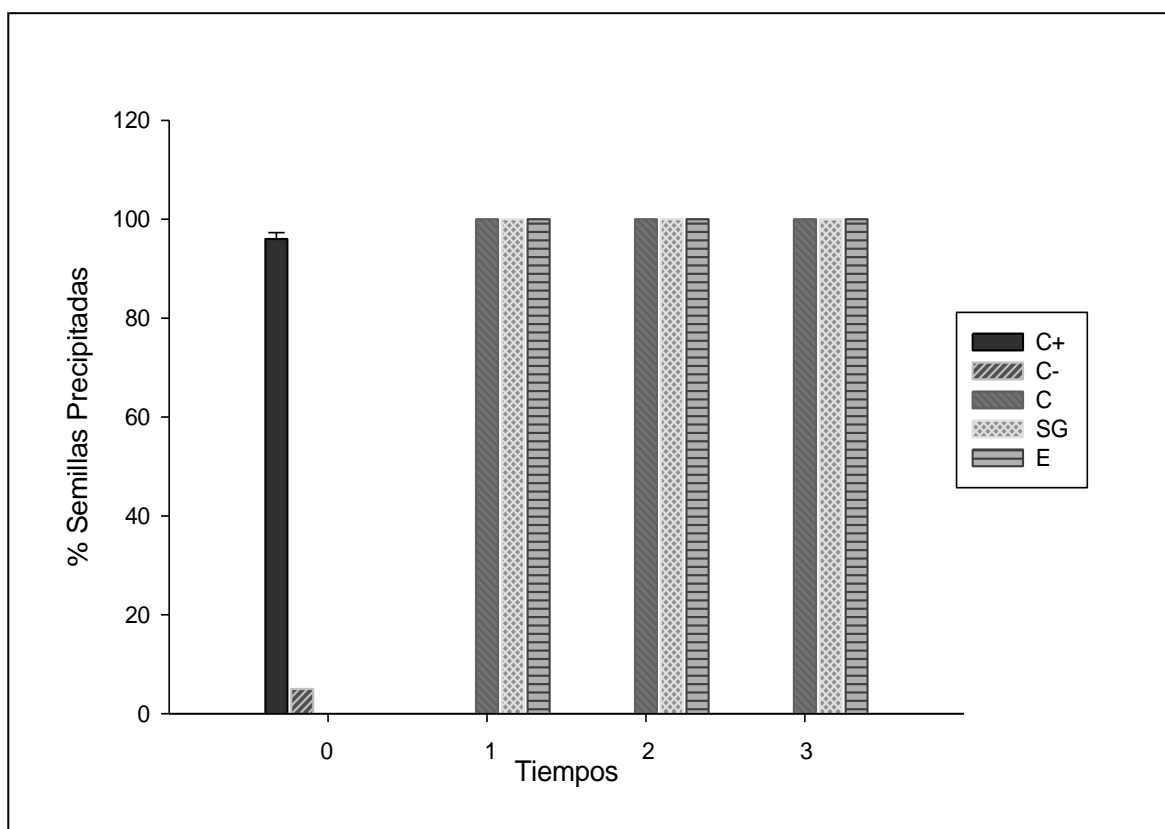


Figura 16. Porcentaje de semillas de tomate cv “Saladette” precipitadas (viables), sometidas a secado a temperatura ambiente (C), control positivo (C+), control negativo (C-): semillas sometidas a 120°C por 3 h., en sílica gel (SG), en estufa (E), en distintos tiempos de muestreo T0 (0), T1 (82), T2 (158) y T3 (400) horas.

Prueba de Tinción con Sal de Tetrazolio

En esta prueba se obtuvo para el control positivo, un 99 % de viabilidad al inicio, 93 % a las 82 horas, 100 % a las 158 horas y a las 400 horas, en tanto para el secado en sílica gel se encontró un 100 % de viabilidad a las 82, 158 y 400 horas, para el secado en estufa se determinó el 100 % a las 82 y 158 horas y 96.66 % de viabilidad a las 400 horas, estos datos se pueden apreciar en la Figura 17. Se observa una ligera disminución de la viabilidad de las semillas para las muestras control a las 82 horas de iniciado el procedimiento, mientras que a las 158 horas todas las muestras alcanzaron el 100 % de viabilidad, a las

400 horas, se aprecia una disminución de la viabilidad para el secado en estufa, mientras que en el secado con sílica gel y en el control, se mantiene el 100 % de viabilidad. Sin embargo, estadísticamente no se muestran diferencias en este parámetro entre los tratamientos con respecto a los distintos muestreos.

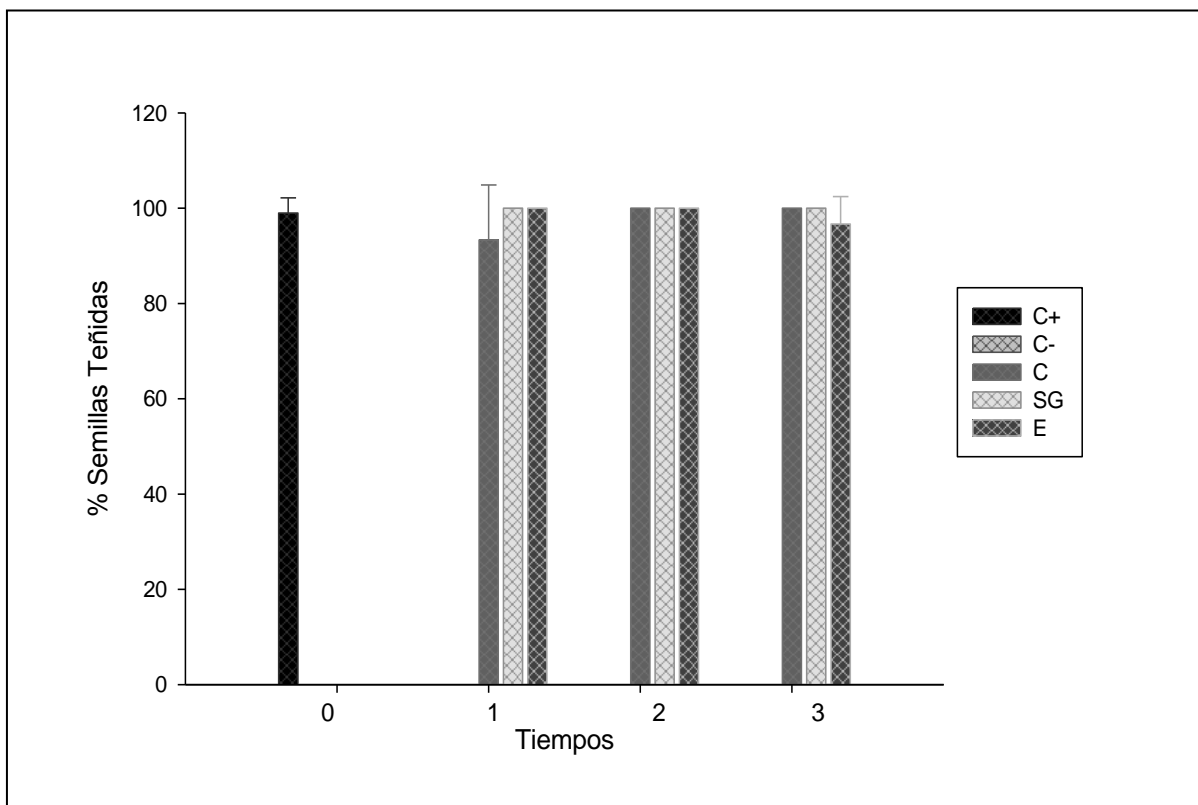


Figura 17. Porcentaje de semillas de tomate cv “Saladette” teñidas con sal de tetrazolio (viables); semillas sometidas a secado a temperatura ambiente (C) o control positivo (C+); control negativo (C-, semillas sometidas a 120°C por 3 h.); secadas en sílica gel (SG) y secadas en estufa (E) en distintos tiempos de muestreo a las (0), (82), (158) y (400) horas.

Valores menores de viabilidad inicial en pruebas con tetrazolio obtuvieron Martínez y col., (2010). Ellos reportan un valor de viabilidad de 89.5 % para tomate variedad Unapal-Maravilla, decreciendo su valor hasta un 80 % cuando la humedad fue del rango de 9.9 %. Además los mismos autores reportan en tomate Unapal-Maravilla, una viabilidad del 64 % en el rango de 8.2 % de humedad de la semilla, del 72 % de viabilidad con un porcentaje de humedad de 6.5 % y de 71 % de viabilidad cuando la humedad de la semilla se encontraba a 2.4 %. De forma que los valores de viabilidad determinados por estos investigadores en los distintos porcentajes de humedad fueron menores que los resultados del presente trabajo. Benito-Matías y col., (2004), utilizaron también la prueba de viabilidad de tinción con

tetrazolio en semillas de *pinus pinea*, para ello, las semillas estuvieron sumergidas en la solución de tetrazolio, por el tiempo requerido para la especie, Ellos realizaron una clasificación de las semillas según su coloración: (el embrión y el endospermo se colorearon de rojo brillante y lustroso), muertas (embriones blancos o con la radícula y/o el endospermo blancos) y las que no se pueden incluir en los apartados anteriores denominadas de vitalidad limitada, según ISTA (1999). Por otra parte Korkmaz y col., (2004), utilizaron esta determinación para comparar los resultados de varias pruebas de vigor de semillas de dos cultivares híbridos de tomate, Shasta y Brigade, utilizando la intensidad del color de la tinción como base del vigor de las semillas. Florido y col., (2009). Utilizaron esta prueba para la evaluación de germoplasma de tomate y predecir las respuestas a altas temperaturas, la prueba se realizó en las hojas de las plantas, este método ha sido ampliamente utilizado como un estimado de la viabilidad del tejido.

Germinación

La germinación de las semillas, al inicio del experimento fue de 70 ± 14 %, las semillas obtenidas a las 82 horas, presentaron valores de germinación de 83 %, para las muestras control y para las del secado en sílica gel, mientras que las semillas del secado en estufa presentaron un promedio de germinación de 46 % a las 82 horas de iniciado el estudio. A las 158 horas, el porcentaje de germinación de las semillas control y de las secadas con sílica gel disminuyó a valores aproximados de 63 % y 50 % respectivamente, mientras que las semillas secadas mediante estufa mantuvieron el porcentaje de germinación igual que el obtenido durante el primer muestreo. Un comportamiento interesante se pudo observar en el tercer muestreo a las 400 horas, donde el porcentaje de germinación de las semillas control disminuyó aproximadamente a 20 %, y aquellas muestras secadas por medio de sílica gel y a través de estufa, tuvieron ambas un promedio de germinación de alrededor del 36 %. Los resultados descritos anteriormente se pueden apreciar en la Figura 18, donde se ilustran los porcentajes de germinación obtenidos para los diferentes tratamientos en los tres tiempos de muestreo, y al inicio de la prueba. De acuerdo a las desviaciones estándar de las medias, no se observaron diferencias estadísticas entre ellos, por tanto no se detectan diferencias entre ambos tratamientos.

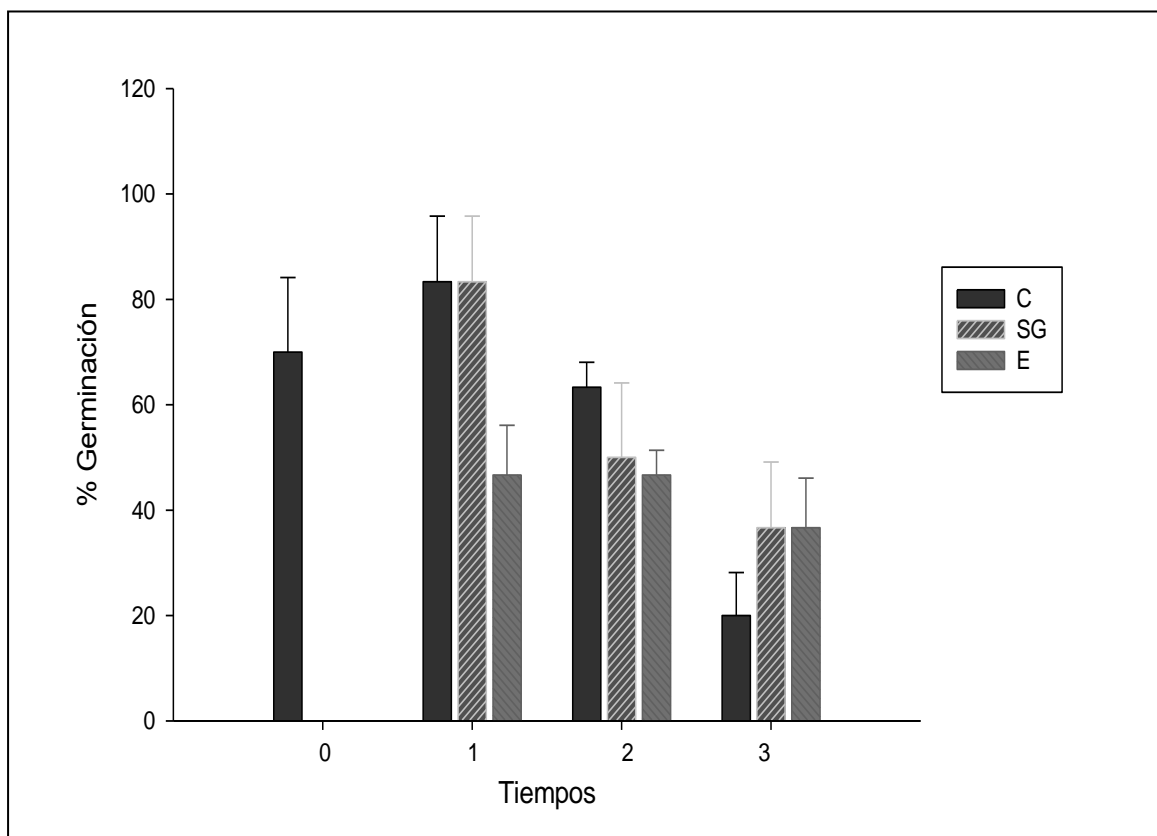


Figura 18. Porcentaje de semillas de tomate cv “Saladette” germinadas (viables) sometidas a secado a temperatura ambiente o control (C), en sílica gel (SG), en estufa (E), a distintos tiempos de muestreo (0, 58, 158 y 400) horas.

Estos porcentajes de germinación se aproximan a los publicados por Martínez y col. (2010), que obtuvieron un 76 % de germinación de semillas de tomate variedad Unapal-Maravilla al inicio con un porcentaje de humedad de 9.9 %, para disminuir a un 58 % de germinación correspondiente a un rango de humedad de 2.4 %, mediante el secado con sílica gel. Este porcentaje es mayor al obtenido en el tratamiento con sílica del presente estudio, que reflejó un porcentaje de hasta el 36 % con una humedad de semilla de 4.5 %. En un análisis comparativo, de un trabajo realizado por los mismos investigadores, se utilizó el secado mediante sílica gel para obtener la curva de secado de pimentón *Capsicum annuum* L. a diferentes intervalos de humedad. Obteniendo un 86 % de germinación con 9.7 % de humedad de semilla, superando tanto a la semilla de tomate “Saladette”, como a la semilla de tomate Unapal-Maravilla, para disminuir su porcentaje de germinación hasta 76 % con una humedad presente en las semilla de 2.6 %. Lo cual duplica lo obtenido para la semilla de tomate utilizada en este trabajo, en el último muestreo.

En términos generales, se observa que el porcentaje en promedio de germinación de las semillas control de tomate fue de 70, 83, 63 y 20 % a las 0, 82, 158 y 400 horas respectivamente. En las semillas secadas mediante sílica gel, la germinación fue de 83, 50 y 36 % en los muestreos T1, T2 y T3 respectivamente, mientras que en las semillas secadas en estufa, la germinación fue más estable durante el tiempo de secado, mostrando valores de 46, 46 y 36 % en los muestreos T1, T2 y T3.

En la Figura 18, se puede apreciar que la germinación del control aumentó, pasando de un porcentaje inicial de 70 % a 83 % de germinación en un tiempo de 82 horas, tanto en el control como en el secado mediante sílica gel. Estos resultados coinciden con los reportados por Babiker y col., (2010), que reportan 76 % de germinación antes del secado de sorgo, y 83 % después del secado en sílica gel. Marín y col., (2007), también obtuvieron valores alrededor del 80 % de germinación, al osmoacondicionar semillas de tomate de cáscara. Un aumento en la germinación después de un proceso de secado fue obtenido por Pérez y col., (2008), que concluyen que el secado de semilla actúa como una señal que activa su capacidad germinativa, mejorando notablemente la germinación. Los porcentajes de germinación obtenidos para el control y el secado con sílica gel para el tiempo cero y 82 horas de tratamiento, se encuentran dentro del rango del 57 % al 97 % obtenidos por Fernández-Bravo y col., (2006), que utilizaron 6 sustratos de diferente composición para conocer la germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Se observó una disminución muy marcada de la germinación en el transcurso de los distintos tratamientos de secado realizados, sobre todo a las 158 y 400 horas después del inicio de secado. En el caso del secado en estufa, se encontró que el porcentaje de germinación se mantuvo con poca variación durante el tiempo de secado, esto difiere de lo obtenido por Babiker y col., (2010), cuando midieron el porcentaje de germinación de semilla de sorgo bicolor (L.) Monech, al ser sometido a un tratamiento en secador de semilla, obtuvieron un 91 % de germinación, cuando tenía un 76 % antes del secado. Ellos sugieren que la probable causa de este comportamiento se puede deber a la hidratación de las semillas antes de realizar la prueba de germinación, tratamiento recomendado por Ellis y col., (1985). Quizás en este trabajo la falta de hidratación en las semillas sometidas a los diversos tratamientos, antes de la prueba de germinación, podría ser la causa de la disminución en el porcentaje de germinación detectado, puesto que las pruebas de viabilidad realizadas a la par arrojaron valores entre el 96 y 100 % de viabilidad en la prueba de tinción con tetrazolio y de 100 % para la prueba de flotación. Modia y Whitea, (2004), realizaron una desecación de semilla de tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* Mill), a 20 °C por 72 horas y 3 diferentes porcentajes de humedad relativa, encontrando que la desecación llevada a cabo a 76 % y 49 % de humedad relativa, no tuvo efectos significativos

en la germinación de las semillas, mientras que una humedad relativa del 12 % redujo significativamente la germinación de las semillas en todos los estados de desarrollo. Un comportamiento similar se observa en los porcentajes de germinación obtenidos en el presente trabajo para ambos secados.

Vigor

Se observó que en las semillas mantenidas a temperatura ambiente (control), el 65 % lograron desarrollar hojas cotiledonales al inicio del ensayo, en el caso del muestreo a las 82 horas, el desarrollo de hojas cotiledonales en semillas control, fue mayor que en las semillas secadas con sílica gel y las secadas en estufa, mostrando valores aproximados de 66, 60 y 40 % de desarrollo respectivamente. En las semillas obtenidas del muestreo a las 158 horas, el promedio de desarrollo de las muestras control también fue mayor (56 % aprox.) para hojas cotiledonales, que las obtenidas del secado con sílica gel y en estufa con igual porcentaje. En las cuales de acuerdo a las desviaciones estándar de la media no hay diferencias entre estos tratamientos, en cambio, en las muestras obtenidas durante el último muestreo a las 400 horas, a diferencia de los dos muestreos anteriores, el desarrollo de hojas cotiledonales de las semillas del control fue menor (20 %) que las del secado con sílica (30 %) y en estufa (30 %) con el mismo porcentaje. En este último muestreo no se observan diferencias entre los tratamientos de secado en sílica gel y en estufa; sin embargo, de manera general sí se muestra una tendencia a disminuir el desarrollo de las hojas cotiledonales en los tratamientos, a medida que transcurre el tiempo de secado de las semillas (Figura 19).

Haciendo una comparación de vigor en los dos diferentes secados, los resultados difieren de los obtenidos por Babiker y col., (2010), que al estudiar el efecto de métodos de bajo costo para conocer la calidad de sorgo, utilizó un secador de semilla obteniendo plantas con mejores características, por tanto con mayor vigor, que las obtenidas al utilizar sílica gel como desecante.

En lo que respecta al desarrollo de hojas verdaderas, se determinó el porcentaje de plantas que lograron desarrollar dos o más hojas verdaderas del total de plantas sembradas. Al inicio se alcanzó un desarrollo de hojas verdaderas de 45 %; a las 82 horas el porcentaje de desarrollo de hojas verdaderas en el control fue mayor que el obtenido para el secado con sílica gel que a su vez fue más elevado que el obtenido para secado en estufa, en el muestreo de las 158 horas, el porcentaje de desarrollo de hojas verdaderas para el control

se mantuvo igual que a las 82 horas, pero el porcentaje de desarrollo para el secado con sílica gel fue el menor de los tres tratamientos analizados. El secado en estufa fue mayor que el logrado con sílica gel, pero ligeramente menor que el logrado por el control. Para el último muestreo, a las 400 horas, el menor porcentaje de desarrollo de hojas verdaderas lo mostraron las plántulas del control, seguido por las de sílica gel y finalmente con el mayor porcentaje se encontró el secado en estufa.

Se puede observar que para el control el porcentaje de desarrollo de hojas verdaderas en los muestreos a las 0, 82 y 158 horas, no mostraron diferencias entre los valores obtenidos, en cambio en el muestreo realizado a las 400 horas, el desarrollo de hojas verdaderas fue de 20 %. Para el secado con sílica gel a las 82 horas, se logró un porcentaje de hojas verdaderas de 46 %, porcentaje menor que el obtenido para el control (50 %) en el mismo tiempo de tratamiento, lo mismo sucedió a las 158 horas con un 40 %, para el secado con sílica gel, y un 50 % para el control, sin embargo a las 400 horas, se obtuvo un 26 % para el secado con sílica gel, contra un 20 % solamente del control para el mismo tiempo, mostrando este parámetro una tendencia a disminuir conforme transcurre el tiempo.

Para el secado, en estufa, solo un 30 % desarrolló hojas verdaderas a las 82 horas, un porcentaje de 46 % lo logró a las 158 horas y de nuevo un 30 % a las 400 horas, siendo este último análisis el único que superó al control, a tiempos iguales. De acuerdo a las desviaciones estándar de la media de los datos, no hay diferencia entre ellas con respecto al tiempo.

En general en la Figura 19, se observa que las muestras del control presentan mayor porcentaje de vigor en los muestreos de las 82 y 158 horas, para el secado con desecante, se observa una disminución del porcentaje de vigor que decrece conforme avanza el tiempo. Para el secado en estufa se observa un aumento notable al pasar del muestreo a las 82 horas a las 158 horas, para disminuir luego en el muestreo realizado a las 400 horas.

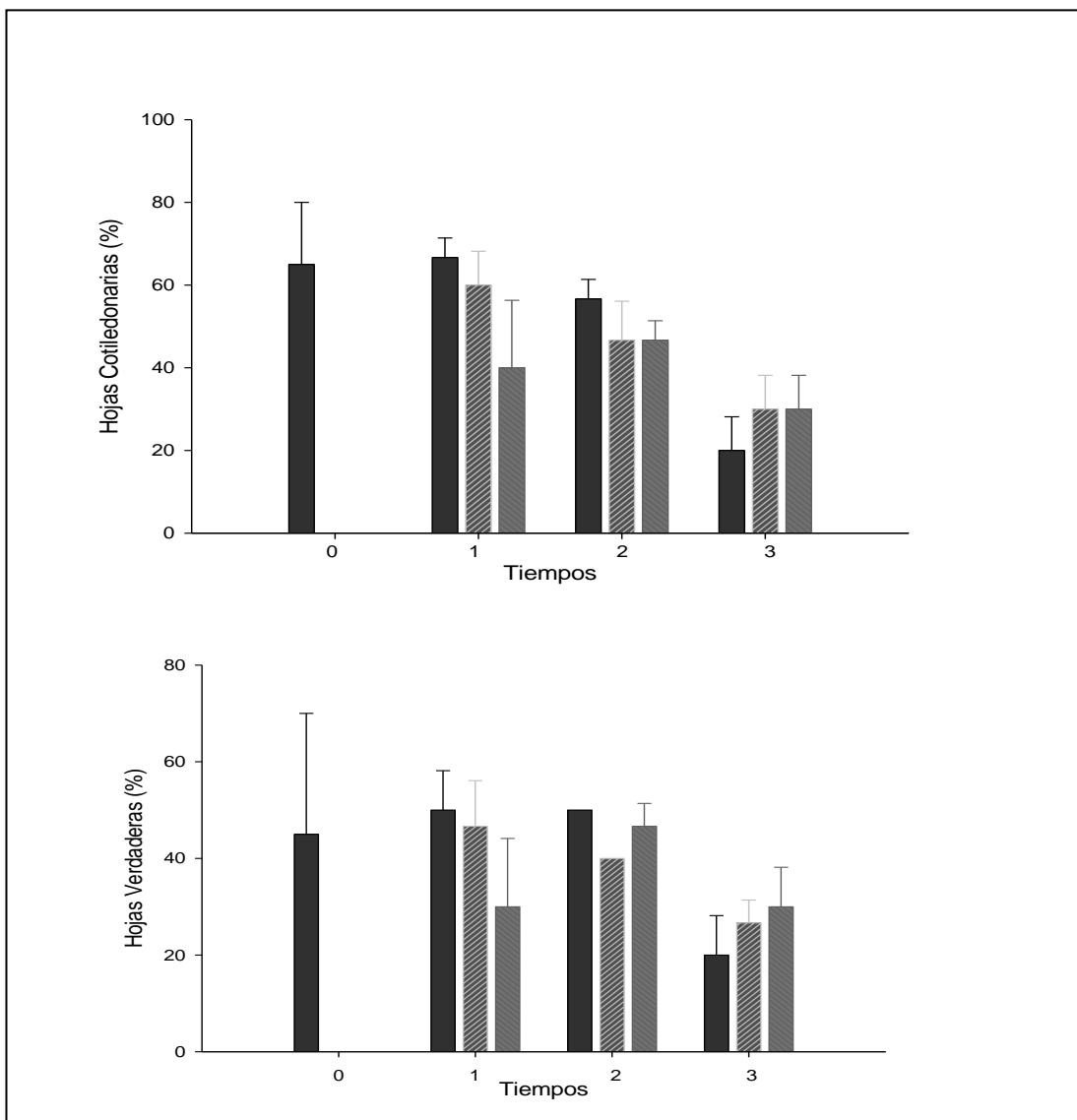


Figura 19. Vigor (%) de las semillas de tomate cv “Saladette” con desarrollo de hojas cotiledonales (arriba) y de hojas verdaderas (abajo), sometidas a secado a temperatura ambiente (C), en sílica gel (SG), en estufa (E), a distintos períodos de tiempo (0, 82, 158 y 400) horas.

Los datos encontrados pueden confirmar las conclusiones realizadas por Pérez y col., (2008), en donde mencionan que el secado reduce el vigor de las semillas de tomate de cáscara, al igual que sucedió en este trabajo, en los 3 primeros muestreos, la única excepción fue el último, donde ambos secados superan en vigor al control. Tal vez porque el

contenido de humedad de la semilla de tomate “Saladette”, se encontraba por debajo del 8 % que obtuvieron Pérez y col. (2008), a peso constante para tomate de cáscara.

Además los mismos autores concluyen que el efecto diferencial del secado entre germinación y los indicadores de vigor, sugieren el favorecimiento de la capacidad germinativa del embrión, posiblemente porque modifica el balance hormonal de la semilla, pero se perjudica la síntesis o utilización de las reservas almacenadas, ya sea en los cotiledones o en el endospermo, las cuales son necesarias para abastecer al embrión en crecimiento y permitir la formación de plántulas vigorosas.

Comparación entre Germinación y Vigor en Semillas de Tomate cv. “Saladette” de los Distintos Tratamientos de Secado.

En los distintos muestreos (Figura 20), se puede observar una disminución en el desarrollo de hojas cotiledonales y más aún de hojas verdaderas con respecto al porcentaje de semillas germinadas en la mayoría de los tratamientos, con excepción del control en el tercer muestreo, en donde se observan valores similares en el porcentaje de germinación y desarrollo de hojas cotiledonales y verdaderas.

En el primer muestreo se puede observar una disminución del porcentaje de hojas cotiledonales y aún menor de hojas verdaderas. Con respecto al porcentaje de germinación, del total de las semillas germinadas, aproximadamente un 45 %, llegan a desarrollar hojas verdaderas. En los resultados obtenidos a las 82 horas, se observa un comportamiento de las semillas del control similar al mostrado en el tiempo de inicio.

En el secado con sílica gel, el comportamiento es similar al control, pero en el secado en estufa todos los porcentajes disminuyen al pasar a hojas cotiledonales y más cuando se calcula el porcentaje de hojas verdaderas. Sin embargo, cabe señalar que aproximadamente el 66, 60 y 40 % de semillas germinadas llegaron a desarrollar hojas cotiledonales en los tres tratamientos, control, sílica gel y estufa respectivamente.

En el muestreo de las 158 horas se observa que el porcentaje de germinación disminuye para el secado en sílica gel, con respecto a las muestras del control, así como el porcentaje de hojas cotiledonales y de hojas verdaderas. Para el secado en estufa los porcentajes de germinación, de hojas cotiledonales y de hojas verdaderas son iguales; de igual forma aproximadamente el 83, 80 y 100 % de semillas germinadas llegaron a desarrollar hojas Verdaderas.

En el caso de las semillas sometidas a secado en estufa, interesantemente todas las semillas germinadas llegaron a desarrollar hojas verdaderas, lo cual da indicio de un mayor vigor en estas muestras. En cambio, en los resultados del último muestreo a las 400 horas, se obtuvieron para el control, porcentajes muy bajos de germinación y vigor encontrando valores de la misma magnitud en los tres parámetros analizados, sin diferencias estadísticas entre ellos.

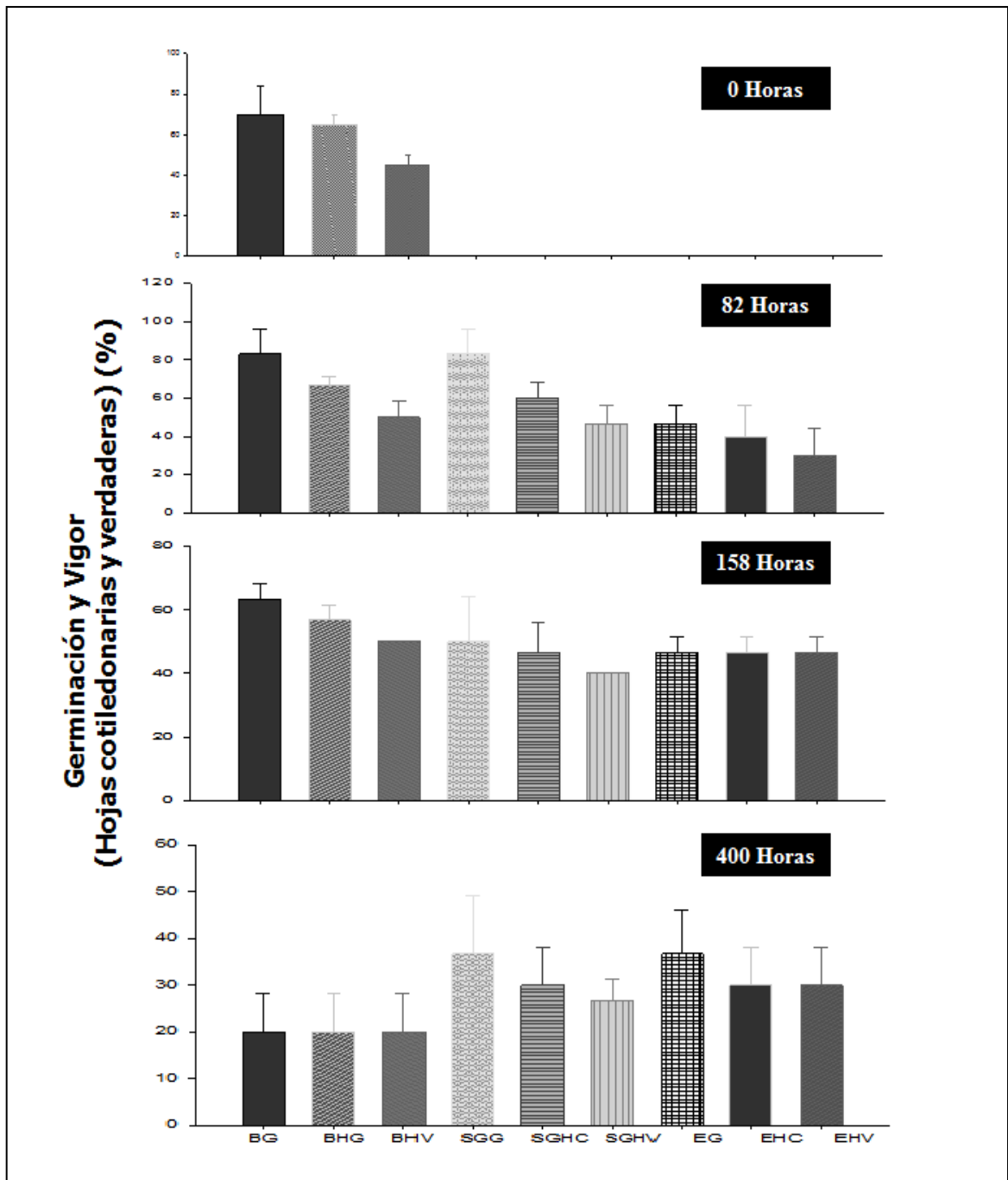


Figura 20. Porcentaje de germinación y vigor (desarrollo y crecimiento de hojas), de las semillas de tomate cv “Saladette”, sometidas a secado a temperatura ambiente (control); a secado en sílica gel (SG) y a secado en estufa (E) Germinadas, HC: Hojas cotiledonales y HV: Hojas verdaderas. Durante los muestreos T0, T1, T2 y T3.

Estos datos muestran que todas (100 %), de las semillas germinadas llegaron a desarrollar hojas verdaderas. Para los tratamientos de secado en sílica gel y en estufa, se observan valores mayores en germinación y vigor que los obtenidos para las muestras control. Empero, solo el 71 % y el 80 % respectivamente, de semillas germinadas llegaron a desarrollar hojas verdaderas. Estos datos nos indican que aun cuando las semillas tengan poder germinativo, el vigor o desarrollo continuo de estas a otras etapas puede verse afectado por las condiciones ambientales. Además los datos muestran también, que el porcentaje de vigor representado en poder germinativo y desarrollo de hojas verdaderas va disminuyendo conforme pasa el tiempo, (Figura 20). Bauer y col., (2003), determinaron la germinación y el vigor en semillas de soja cosechadas a término y semillas sometidas a deterioro a campo (por humedad), por el método de vigor con tetrazolio, de conductividad eléctrica y de emergencia a campo. Se encontró que el vigor varió entre 32 y 67 %, valores similares a los obtenidos en este trabajo con tomate “Saladette”, que tuvo valores hasta casi 67 %, y tan bajos como 20 % en los diferentes tratamientos. Por otra parte Martínez y col., (2010), estudiaron la respuesta fisiológica de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. “Unapal-Maravilla” y pimentón (*Capsicum annuum* L.) var. “Unapal-Serrano” en crioconservación. El vigor medido como la proporción de plántulas normales a los diez días, en tomate fue 54.3 % y para pimentón fue de 67.3 %. Mediciones de vigor como la emergencia de plántulas en arena, obtuvieron porcentajes en el rango de (54 a 67 %), dichos valores coinciden con los obtenidos en el presente trabajo, que presenta valores de alrededor del 56 al 66 % de vigor para el control, aunque realizados con otros métodos. Fernández-Bravo y col., (2006), cuantificaron diariamente el número de plantas con hipocótilo visible y número de plantas con las dos hojas cotiledonales totalmente desplegadas, utilizándolo como parámetro para calcular el porcentaje y la tasa de germinación, siendo un indicativo de la velocidad y uniformidad de germinación de las semillas.

El vigor de acuerdo a Pichardo González y col. (2010), se midió como la velocidad de emergencia de radícula, midieron el deterioro artificial de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) de la variedad “CHF1-Chapingo”. Para ello utilizaron semillas envejecidas artificialmente en 55, 65 y 75 % de humedad relativa a 45 y 50 °C, durante 30

días, obteniendo valores de vigor medidos como velocidad de emergencia de radícula (VER, radículas d⁻¹). La VER es una expresión del vigor de la semilla, se calculó con la fórmula de Maguire (1962), que se basa en el número de radículas emergidas cada 24 h, desde 25.7 d-1 para el testigo con 41 % de humedad relativa y 18°C hasta 0.4 d-1 de acuerdo a Salinas y col., (2001). Los resultados de la prueba de germinación pueden utilizarse para clasificar el vigor de los lotes de semilla, de modo que los lotes de semilla envejecidos artificialmente que presenten una germinación superior a 80 % serán de alto vigor, entre 60 y 80 % como de vigor medio, y menores de 60 % como de bajo vigor (TeKrony, 1995). Aplicando esta escala de vigor tendremos valores entre medio y bajo vigor para la semilla de tomate cultivar "Saladette" en los diferentes tratamientos. Por otra parte Korkmaz y col., (2004), utilizaron lotes de cultivares de tomate variedad "C-37, Shasta y Brigade", compararon varias pruebas de vigor de semilla, entre ellas envejecimiento acelerado, deterioro controlado, conductividad eléctrica y prueba de tetrazolio. Obteniendo para la variedad "C-37" en el control de 92 a 86 %, para envejecimiento acelerado valores de germinación de 48 a 59 % y para deterioro controlado valores de germinación de 51 a 70 % de vigor. De manera que los resultados obtenidos para el trabajo realizado con tomate cv "Saladette", con valores que fluctúan desde 66 % hasta 46 % y 30 % de vigor para secado en estufa a las 0, 82 y 158 horas, son similares a los porcentajes obtenidos en la prueba de envejecimiento acelerado y en deterioro controlado por la variedad "C-37".

En la variedad "Shasta F1", la germinación para el control fue de 95 a 96 %, para envejecimiento acelerado fue de 81 a 82 % y para deterioro controlado los valores fueron de 85 a 87 % de germinación, resultados más elevados que los obtenidos para la variedad "C-37", que difieren de los porcentajes obtenidos en este trabajo. Y finalmente la variedad "Brigade F1", donde se obtuvieron para el control valores de 94 a 98 %, para envejecimiento acelerado valores de 28 a 92 % y para deterioro controlado se obtuvieron porcentajes de 43 a 96 %, para esta variedad el rango es mayor de manera que los resultados de los tratamientos realizados a esta variedad, coinciden con algunos de los resultados obtenidos en el estudio de tomate "Saladette".

Pérez-Camacho y col., (2008), estudiaron el efecto del deterioro por envejecimiento natural en semillas de tomate de cáscara var "CHF1-Chapingo", almacenadas a 1, 2, 3 y 5 años a 18.2 ± 5 °C y 41.2 ± 10 % de humedad relativa, utilizaron la prueba de velocidad de emergencia en arena para evaluar el vigor de las semilla, calculado al final de la prueba, 10 días después de la siembra se evaluó el porcentaje de emergencia. Encontraron que tanto la germinación como el vigor disminuyeron linealmente durante los años de almacenamiento de manera que el vigor varió de 72.4 % de inicio, con una pérdida anual del orden de 6.9 %, una velocidad de emergencia en arena de 29.1 a 15.3 plántulas d⁻¹, y una velocidad de

emergencia de radícula (VER) de 79 a 34.3 radículas d⁻¹, a una temperatura en el semillero de 21.4 ± 10.4 °C. El resultado es mayor que el obtenido para tomate “Saladette” para hojas cotiledonales con 65 % alcanzadas por el control al inicio de los tratamientos, aumentando a 66.6 % a las 82 horas, disminuyendo a 56.6 % a las 158 horas y a 20 % a las 400 horas, los tratamientos de secado tuvieron valores más bajos aún de vigor que el control. En el caso de vigor en base a las hojas verdaderas el mayor porcentaje logrado fue de 50 % de manera que también es menor que el obtenido por Pérez Camacho y col. (2008). Los mismos autores encontraron que conforme la semilla de tomate de cáscara envejecía, la radícula tardaba más en emerger, en particular al envejecer de 3 a 5 años, sin variación en la humedad de las semillas viejas y nuevas.

Babiker y col., (2010), midieron los efectos de diversos métodos de secado de bajo costo en la calidad de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Monech), utilizando tres regímenes de secado, en sílica gel, a la sombra y al sol, además de un secador de semilla como control. Analizaron el vigor de las plantas por la longitud de la radícula, el peso seco de la planta, y la velocidad de germinación. La mayor longitud de la radícula fue de 17.5 cm en el secador de semilla, 15.5 cm para secado bajo sombra y 13.7 para secado con sílica gel o bajo el sol. La velocidad de germinación se midió en días transcurridos para que ésta se presentara, siendo de 4 días la más rápida, por secado a la sombra y la más lenta fue de 4.5 días obtenida para secado al sol, este método afectó la calidad de la semilla de sorgo; los resultados ilustran la influencia de los diferentes tratamientos realizados a la semilla y como afectan su vigor.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de firmeza, los frutos de tomate cv “Saladette” y las semillas obtenidas para el presente estudio, se encontraron en su límite óptimo de madurez fisiológica.

Se establecieron los sistemas de secado en estufa y en Sílica gel de las semillas de tomate cv “Saladette”, encontrando que ambos métodos son adecuados en las condiciones establecidas en el presente estudio.

La viabilidad de las semillas de tomate cv “Saladette” medidas en base a porcentaje de germinación y vigor en ambos métodos de secado (estufa y sílica gel), fueron mayores que el control al final del estudio, debido a que las semillas de ambos métodos de secado habían alcanzado su nivel de humedad de equilibrio.

PERSPECTIVAS

Obtención de semillas de origen nacional y su certificación

Técnicas mas sofisticadas y de mayor precisión para la obtención de la curva de humedad de equilibrio

Aplicación de otras técnicas de conservación a la Semilla

Realización de pruebas de viabilidad a las muestras de semilla sometidas a los tratamientos de secado y Almacenadas en refrigeración, para conocer su comportamiento a través del tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, J. 1984. Manual de métodos de ensayo de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España.
- Agrawal, PK. and Dadlani, M. 1987. Tetrazolium test for seed viability, and vigour. *Ibid.* pp. 79-89.
- Ahuja, KD. Pittaway, JK.; Ball, MJ. 2006. Effects of olive oil and tomato lycopene combination on serum lycopene, lipid profile, and lipid oxidation. *Nutrition*. 22: 259-265.
- Albarracin, MH. 2011. Métodos Biotecnológicos. Universidad privada José Carlos Mariategui. Facultad de Ingeniería Agronómica. Perú. pp. 16.
- Angarita Díaz, M. 2009. Generación de Líneas T-DNA de tomate (*Solanum Lycopersicum* cv. P73) e identificación de mutantes de inserción. Departamento de Biotecnología de la universidad Politécnica de Valencia. España. pp. 1, 2.
- AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to Handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts. pp 93.
- AOSA, 2007
- Argerich, C. y Gaviola, J. 2011. Tomate. Manual de Producción de Semillas Hortícolas INTA. pp. 61-71.
- Ascasubi, H. 2002. Análisis de Semilla. INTA. Argentina.
- Babiker, ZA., Dulloo, EM., El Balla, MM., Ibrahim ET. 2010. Effects of low cost drying methods on seed quality of Sorghum bicolor (L.) Monech. *African Journal of Plant Science*. 4(9):339-345.
- Batu, A. 1998. Some Factors Affecting on Determination and Measurement of Tomato Firmness. *Gaziosmanpasa University. Turkey*. 22:411-418.
- Bauer, G., Weilenmann, E., Peretti, A., Monterrubianes, G. 2003. Germinación y Vigor de Semillas de Soja del Grupo de Maduración III Cosechadas Bajo Diferentes Condiciones Climáticas. *Revista Brasileira de Sementes*. 25(2):53-61.

- Benito-Matías, SL., Herrero SN., Jiménez I., Peñuelas RJ. 2004. Aplicación de Métodos Colorimétricos para la Determinación de la Viabilidad en Semillas de *Pinus Pinea*: Test de Tetrazolio e Índigo Carmín. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 17:23-28.B
- Benková, M., Zaková, M. 2009. Seeds germinability of selected species after five and ten years storage at different temperatures. Agriculture (Pol'nohospodárstvo). 55(2):119–124.
- Bewley, JD., Black, M. 1982. Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination Vol, II viability, Dormancy and environmental control. Alemania.
- Bonfil-Sanders, C., Cajero-Lázaro, I., Evans, Y.R. 2008. Germinación de Semillas de Seis Especies de Bursera del Centro de México. UNAM. México. pp. 828-834.
- Borboa-Flores, J., Rueda Puente, E., Acedo Félix, E., Ponce, J., Cruz, M., Grinaldo Juárez, O., García Ortega, A. 2009. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecies *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. Rev. Fitotec. Mex. 32(4): 319.
- Bourne, MC. 1994. Converting from empirical to rheological tests on foods -it's a matter of time, in: Cereal Foods World 39(11): 37-39.
- Bradford, KJ. 2004. Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. USA. pp. 134.
- Campos, J., Hita, E., Romero J., Melgosa, M., Artigas, JM., Capilla, P., Felipe, A., Verdú, FM., Pujol, J., Negueruela, I., Jiménez del Barco, L. 1997. Avances y tendencias recientes en Colorimetría. Óptica Pura y Aplicada. 30:1-35.
- Candillas, CGA.; Bautista-Justo, M.; Del Río-Olague, F., García- Díaz, C. 2005. Contenido de licopeno en jugo de tomate por aspersion. Revista de ingeniería mexicana. 2:299-307.
- Carrillo Rodríguez, JC., Chávez Servia., JL. 2010. Caracterización Agromorfológica de Muestras de Tomate de Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana. 33(4):1, 2.
- Chacoff, NP., Morales, JM., Vaquera, M. 2004. Efectos de la fragmentación sobre la aborción y depredación de semillas en el Chaco Serrano. Biotropica. 36:109-117.

- Chauvet, M., Massieu, Y. 2010. Estudios de caso. Tomato Genetics Resource Center (TGRC). University of California. U.S.A. pp. 1, 2.
- Colombo, MH., 2003. Manejo de Enfermedades en Cultivos Protegidos de Tomate. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Revista Idia XXI. Argentina. 4:142.
[URL:http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/tomate02.pdf](http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/tomate02.pdf)
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. 2010. Monografía del Tomate. Gobierno de Veracruz. México. 21 p. portal.veracruz.gob.mx/pls/.../
- Contreras, GI., Almeida, J. 2003. Micropropagación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendth.), Solanaceae silvestre usada en la alimentación humana. Revista forestal de Venezuela. 47(2): 9-13.
- Córdova, T., Molina, M. 2006. Conservación ex situ. Recursos fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, México. pp:59-100.
- Cruz, A., López, J., Reyes, C., López, M., Valdez, A. 2009. Establecimiento de un Sistema de Micropropagación *in vitro* de tomate (*Solanum Lycopersicum*) Cv. Micro-Tom. XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. pp. 1.
- Díaz, P., Hernández, A. 2003. Comportamiento de la germinación de semillas de tomate tratadas con cloro (Cl), Instituto de investigaciones Hortícolas. Cuba. pp. 63-65.
- Doijode, SD. 2001. Seed storage of horticultural crops. Food Products Press. USA. pp. 8.
- Dornbos, JL. 1995. Seed Vigor. In: Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Ed. A.S. Basra. Food Product Press. USA. pp. 45-80.
- Ellis, RH, Hong, TD, Roberts, EH. 1985. Handbook of seed technology for Genebanks Vol. 1. Principles and methodology. International Board on Plant Genetic Resources. Italy.
- Espinosa, OJ., Trillos, GO., Hoyos, SR., Afanador, KL., Correa, LG. 2005. Potencial de Propagación *in vitro* para el tomate de árbol partenocárpico *Cyphomandra betacea* Cav. (Sendt). Rev. Fac. Agr. España. 58(1): 2685-2695.

- Esquinas-Alcázar, JT. y Nuez V F. 1995. "Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate". In. Nuez, V.F. (ed.), El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 15-42.
- FAO. 1992. Normas para bancos de genes, Instituto Internacional de recursos fitogenéticos, Roma. pp. 15.
- FAO/IPGRI. 1994. Normas para Bancos de Genes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Italia.
- FAOSTAT, 2002.
- FAOSTAT, 2008. <http://faostat.fao.org>. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate.
- FAOSTAT, 2009.
- FAOSTAT, 2010. www.fao.org
- Fernández-Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H., Marín, M. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv "Río Grande" sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. Revista de la Facultad de Agronomía. 23(2):1-7.
- Ferrato, J. y Mondino, M. 2008. Producción, consumo y comercialización de hortalizas en el mundo. Facultad de Ciencias Agrarias. Revista agromensajes. Universidad Nacional de Rosario. 24(4):1.
- Florido, M., Álvarez, M., Lara, R., Plana, D., Moya, C., Caballero, A. 2009. Evaluación del Germoplasma de Tomate (*Solanum L.* sección *Lycopersicon*) Conservado ex situ en Cuba Utilizando Pruebas in Vitro para Predecir las Respuestas a Altas Temperaturas. Cultivos Tropicales. 30(4):57-61.
- Foolad, M.R. 2007. Genome Mapping and molecular breeding of tomato. International Journal of Plant Genomics: 1-52.
- Franca Neto, JB., Krzyzanowski, FC., Costa, NP. da. 1998. El test de tetrazolio en semillas de soja, Brasil: EMBRAPA-CNPSO. pp.10 - 12.
- Franca Neto, JB.; Pereira, LAG.; Costa, NP. DA. 1986. Metodología de teste de tetrazolio en sementes de soja. (Versao preliminar). Londrina: EMBRAPA-CNPSO. pp. 60.

- García, A. y Lasa, JM. 1991. Ensayos de Vigor de Nascencia: Revisión Bibliográfica. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Estación Experimental de Aula Dei. España.
- García, SM., Martínez, JV., Avendaño, LA., Padilla, SM., Izquierdo, OH. 2009. Acción de Oligosacáridos en el Rendimiento y Calidad de Tomate. Rev. Fitotec. Mex. 32(4):295-300.
- Grabe, DF. 1970. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. Handbook on seed testing. Assn. AOSA. Official Seed Analysts Contrib.no. 29:1-62.
- Grabe, DF. e Isely, D. 1969. Seed storage in moisture-resistant packages. Seed World. pp. 4.
- Hampton, J G. y TeKrony, DM. 1995. Handbook of vigour test methods. 3rd Ed. International Seed Testing Association. Suiza.
- Harrington, JF. 1965. New theories on the biochemistry of seed aging. Agron. Abstr. Annual Meeting of the American Society of Agronomy. pp.41.
- Hartmann, HT. y Kester, DE. 1971. Propagación de Plantas. 6 ed. México: Compañía Editorial Continental, S. A., México. 810 p.
- Hartmann, HT. y Kester, DE. 1988. Propagación de plantas; principios y prácticas. 2 ed., CECOSA. México. 760 p.
- Henríquez, CA. 2002. El dilema de *Lapageria rosea* en bosques fragmentados: ¿cantidad o calidad de progenie? Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Chile. pp133.
- Heydecker, W. 1972. Vigour. Syracuse University Press. pp. 252-259.
- Hong, TD. y Ellis, R H. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. IPGRI International Plant Genetic Resources Institute, Italia. Technical Bulletin No. 1.
- <http://alimentos.gratis.es/tomate/>
- <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificación/Documentos/> SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla).
- ISTA-INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Seed Testing. Edition 2005. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Suiza. <http://www.seedtest.org>.

- Jenkins, JA. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*. 2(4):379-392.
- Karavina, C., Chihiya, Tigere TA., Musango R. 2009. Assessing the Effects of Fermentation Time on Tomato (*Lycopersicon lycopersicum* Mill) Seed Viability. *Journal of Sustainable Development in Africa*. USA. 10(4): 106-112.
- Korkmaz, A., Ozbay, N., Eser, B. 2004. Assessment of Vigor Characteristics of Processing Tomato Cultivars by Using Various Vigor Tests. *Assian Journal of Plant Sciences*. 3(2):181-185.
- Landis, TDRW. Tinus, y Barnett JP. 1998. The container tree nursery manual. Seedling propagation. *Agriculture Handbook 674*. U.S.6: pp.166.
- Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., Mroginski, L. 2010. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. ArgenBio, INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 542-543.
- Levy, J., Sharoni, Y. 2004. The functions of tomato lycopene and its role in human health, en: *The Journal of the American Botanical Council*. 62:49-56.
- Lewinsohn, E., Sitrit Y., Bar, E., Azulay, Y., Ibdah, M., Meir, A., Yosef E., Zamir, D., Tadmor, Y. 2005. Not just colors-carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit, en: *Food Science & Technology*. 16: 407-415.
- Lima, MC., Velázquez, H., Santos, LG. y Debouck, DG. 2010. Manual de Procedimientos del Banco de Germoplasma – Conservación de semillas Presecado. CIAT. Colombia. pp. 1.
[http://isa.ciat.cgiar.org/urg/urgweb_folder/files/handbookprocedures/en/GRU%20HandbookProceduresPreDryingApril](http://isa.ciat.cgiar.org/urg/urgweb_folder/files/handbookprocedures/en/GRU%20HandbookProceduresPreDryingApril.pdf) .pdf.
- Linnaeus, C.1753. *Species Planatarium*. Holmiae. Sweden, 1st edition.
- Macías, MA. 2003. “Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales” *Región y Sociedad*. 15(26):103-105,114. .
- Marín, SJ., Mejía, CJ., Hernández, LA., Peña, LA., Carballo, CA. 2007. Acondicionamiento Osmótico de Semillas de Tomate de Cáscara. *Agricultura Técnica en México*. 33:(2):115-123.

- Márquez, CC., Otero, EC., Cortés, RM. 2007. Cambios Fisiológicos, Texturales, Fisicoquímicos y Microestructurales del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en Poscosecha. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. pp. 1-7.
- Martín, MI. 2001. Conservación de Recursos Fitogenéticos. Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF), Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). España. pp. 4-5.
- Martínez, M., Cardozo, CC., Sánchez, OM. 2010. Respuesta fisiológica de semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. variedad Unapal-Maravilla y pimentón *Capsicum annuum* L. variedad Unapal-Serrano en crioconservación. *Acta Agronómica*. 59(4):401-409.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. 1ra. ed. Fondo de Cultura Económica. México. pp 1247.
- McCormack, J. 2004. Seed Processing and Storage. Principles and Practices of seed harvesting, processing, and storage: an organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and Southern. U.S. pp.1-17.
- Miller, P. 1754. The Gardeners Dictionary. John y Francis Rivington, UK, 4th edition.
- Modia, A., Whitea, B., 2004. Water potential of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) placenta and seed germination in response to desiccation during fruit development. School of Agricultural Sciences and Agribusiness. Africa. pp 1.
- Mohamed-Yaseen, Barringer, S., Splittstoesser, W., Costanza, S. 1994. The role of seed coats in seed viability. *The botanical review*. U.S.A. 60 (4):435.
- Moore, R.P. (1973): Tetrazolium testing practices and guides. En "Seed Processing" Proc. Symposium IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen. I: Paper 14.
- Moussa, M.; Landrier, JF. Reboul, E. 2008. Lycopene absorption in human intestinal cells and in mice involves scavenger receptor class B type I but not Niemann-Pick C1-like 1. *J Nutr*, 138: 1432-1436.
- Nakama, M., El-Sharkawy, KMH., Mosaheb, MB. 1986. Study on the method of hybrid seed production in tomato; In: Report on experiments in vegetable seed production course. Tsukuba Int. Agr. Training course.
- NCSS (Number Cruncher Statistical System) versión 2007

- Nevins, DJ. 1987. Why tomato biotechnology? A potencial to acelerate the aplicaciones in tomato biotechnology. Department of vegetable crops. University of California Davis. pp. 3-14.
- Nome, S., Barreto, D., Docampo, D. 2007. Seedborne Pathogens. Seed: Trade, Production and Technology. INTA (Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal. Argentina.
- Nuez, F., Rodríguez. A., Tello, J., Cuartero, J., Segura, B.1995. El cultivo del tomate. Mundi Prensa. España. p. 125.
- Olmos, S., Luciani, G., Galdeano, E. 2010. Métodos de Propagación y Conservación de Germoplasma parte IV. Capítulo 1. INTA. pp. 353. www.argenbio.org/adc/uploads/Libro_INTA_II/Parte_IV.pdf
- Osata, N. 2003. Solanaceae Seed Production. TBIC. Tsukuba, Japan.
- Patil, VN. y Dadlani, M. 2009. Tetrazolium Test for Seed Viability and Vigour. Retrieved from [http://dacnet.nic.in/seednet/seeds/Material/Handbook_of_seed_testing/Chapter %2014.pdf](http://dacnet.nic.in/seednet/seeds/Material/Handbook_of_seed_testing/Chapter%2014.pdf) on 05/11/09.
- Peralta, IE, Spooner, DM. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Vol. 2. Tomato. M. K., Razdan, A. K., Mattoo. (Eds). Science Publishers. Enfield. USA. pp. 1-24.
- Peralta, IE. y Spooner, DM. 2000. "Classification of wild tomatoes: a review" *Kurtziana*. 28(1): 45–54.
- Pérez, Cl., González, HV., Molina, MJ., Ayala, GO., Peña, LA. 2008. Efecto de Desarrollo y Secado de Semillas de *Physalis ixocarpa* Brot. en Germinación, Vigor y Contenido de Azúcares. *Interciencia*. 33(10):762-766.
- Pérez, GM., Márquez, SF, Peña, LA. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 149-181.
- Perissé, P. 2002. SEMILLAS. Primera edición. Argentina. <http://www.cyta.com.ar>
- Pichardo, GJ., Ayala, GO., González, HV., Flores, OC., Carrillo, SA., Peña, LA., Robledo, PA., García, SG. 2010. Calidad Fisiológica, Ácidos Grasos y Respiración en Semillas de Tomate de Cáscara Deterioradas Artificialmente. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3):231-238.

- Pinto, L., Da Silva, E., Davide, A., Valquíria, M., Toorop, P., Hilhorst, H., 2007. Mechanism and Control of *Solanum lycocarpum* Seed Germination. *Annals of Botany*. 100: 1175-1183.
- Prieto Ruíz, JA. 1992. Estudio de algunos factores que influyen en la propagación por estaquillas de *Cupressus guadalupensis* S. Wats. Tesis Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 96.
- Productores de Hortalizas. 2006. Plagas y Enfermedades del Tomate. Guía de Identificación y Manejo. pp. 2-3. www.hortalizas.com.
- Rao, K N, Hanson, J., Dulloo, EM, Ghosh, K., Nowell, D. y Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International, Italia. 182 p.
- RBG KEW. 2005. Seed Storage Guidelines For California Native Plant Species. Seed list 2008. Pdf. <http://www.kew.org/data/sid/storage.html>
- Red de semillas "Resembrando e Intercambiando". 2010. Producir Semillas en Agricultura Ecológica. SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica). España.1. pp. 24, 39.
- Rick, CM., Fobes, JF. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. *Bull. Torrey Bot. Club*. 102:376-384.
- Rick, CM. y Holle, M. 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*. Genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany*. 44(3):69-78.
- Rinaldi, R., Tuleda, JA., Gil, M. 2006. 1-Metilciclopropeno frena el deterioro de la calidad en tomate fresco cortado. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, España. pp. 243-245.
- Ritchie, DB. 1971. Tomato seed extraction. *Hort. Res.* II: pp. 127-135.
- Rodríguez, I., Adam, G., Durán, JM. 2008. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Departamento de Producción Vegetal: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España. pp. 839.
- Rosas, P.S. 1992. Perspectivas en la producción de semillas de tomate (*lycopersicum esculentum*. Mill) industrial en el sur de Sonora. Universidad de Sonora. México. 34 p.

- Rosso, B., Defacio, R. 2009. Determinación de la Humedad de Equilibrio de Semilla en las Colecciones de Maíz y Forrajeras Mesotérmicas. INTA Comunicación Técnica. Banco de Germoplasma. pp. 1-2.
- Rubén, L.V. 1980. Tomatoes in the Tropics. Westview Press, USA. 174. pp. 25.
- Salinas, A R., Yoldjian, AM., Cravioto, RM., Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesq. Agropec. Bras. 36(2):375.
- Sánchez, PP., Oyama, K., Núñez, FJ., Fornoni, J., Hernández, VS., Márquez, GJ., Garzón, TJ. 2006. "Sources of resistance to whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner, G.J. Anderson, et R.K. Jansen in Northwestern México". *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(4): 711-719.
- Sandoval, BC. 2004. Manual Técnico de Manejo Integrado de Enfermedades en Cultivos Hidropónicos. FAO. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Talca, Chile.. pp. 17-19, 41-42.
- Scocchi, A., Rey, H. 2007. Métodos de Propagación y Conservación de Germoplasma: Conservación de Germoplasma in vitro, parte IV. Capítulo 3. INTA. pp. 369, 370. www.argenbio.org/adc/uploads/Libro_INTA_II/Parte_IV.pdf
- Silva, RF., Moore, EL. y Welch, GB. 1982. Studies on deffuzing seeds of tomato (*Lycopersicon Lycopersicon*) seed Sci. and Technol. 10: 193-198.
- Socorro, A., Hernández, E., Calderón, S., y Penichet, H. 2007. Modelo para curvas isotérmicas de humedad de equilibrio en semillas de interés agrícola. Revista Cubana de Física INIFAT. 24(2):138,141-142.
- Tekrony, DM. 1995. Accelerated ageing In: Congress of the International Seed Testing Association, 24. Copenhagen. Seed vigour testing: contributions to a seminar. Zurich: International Seed Testing Association. pp. 816-822.
- Thyr, BD., Webb, RE., Jaworski, CA. y Ratcliffe, TJ. (1973). Tomato bacterial canker: control by seed treatment. Pl. Dis. Rep. 57(11):974-977.
- Unlu, NZ.; Bohn, T.; Francis, DM.; Nagaraja, HN.; Clinton, SK.; Schwartz, SJ. 2007. Lycopene from heat-induced cis-isomer-rich tomato sauce is more bioavailable than from all-trans-rich tomato sauce in human subjects. Br J Nutr, 98: 140-146.
- Valadez, LA. 1998. Producción de hortalizas.1ra. ed. Ed. Limusa. México. 298 p.

Valero y Ruíz. 1998. Equipos de Medida de Calidad Organoléptica en Frutas. Depto. Ing. Rural. ETSIA UPM. Fruticultura profesional. España. 95: 38-45.

Vargas Hernández, J. 1982. Aplicación del cultivo de tejidos en la propagación vegetativa de especies forestales. Ciencia Forestal. México. 7(39):44.

Ventura, E., Maldonado, U., García, A., Bazaldúa, C., Salcedo, G., Jiménez, A., Trejo, G. 2005. Propagación in Vitro de Plantas de Tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.) con Tolerancia a Enfermedades de tipo Viral. XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. INIFAP. México. pp. 1.

Warnock, SJ. 1988. "A review of taxonomy and phylogeny of the genus *Lycopersicum*". *HortScience*. 23(4):669-673.

Zapata, L., Gerard, L., Davies C., Oliva, L., Schwab M. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencia, docencia y tecnología. Argentina. 34:1-10.

<http://faostat.fao.org> Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate.

www.cofupro.org.mx

www.food-info.net/es/qa/qa-fp95.htm

www.hortalizas.com

www.infoagro.com

www.sagarpa.gob.mx

www.siap.gob.mx

www.siap.sagarpa.gob.mx Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, Anuario Agrícola por Municipio SAGARPA 2005. Consulta de Indicadores de Producción Nacional de Tomate.

