

Deterioro de la calidad de la semilla de chile piquín de cuatro colectas en Querétaro y Guanajuato

Alejandro Herrera Aguilar¹
Francisco Cervantes Ortiz¹
Oralia Antuna Grijalva²
J. Guadalupe García Rodríguez¹
Daniel Rodríguez Mercado¹
Sergio A. Rodríguez Herrera²
Enrique Andrio Enríquez¹
Mariano Mendoza Elos^{1§}

¹Posgrado en producción y tecnología de semilla-Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, México. CP. 38110. Tel. 01(461) 616263, ext. 135.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Porfirio Raúl López Sánchez km 2, Torreón, Coahuila, México. CP. 27054. Tel. 01(871) 7297675.

§Autor de correspondencia: mmendoza66@hotmail.com.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad de semilla de chile piquín a través de la prueba de envejecimiento acelerado en colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Aviculare*) del estado de Querétaro y Guanajuato. Las colectas se realizaron en cuatro localidades El Patol, El Cuervo e Higuerillas del municipio de Querétaro y El Tanque del municipio de Xichú. El vigor de la semilla se obtuvo mediante la prueba de envejecimiento acelerado que consistió en someter las semillas 24, 48, 72, 96, 120 y 144 h a una temperatura de 42 °C y 100% de humedad relativa, después de este periodo, las semillas se someten a una prueba normal de germinación a los 7, 14 y 21 días. Los resultados en el análisis de varianza expresaron efecto significativo en genotipos, siendo el mejor tiempo para el conteo realizado a los 7 días y a las 24 h. A los 14 días los mejores tiempos fue para el testigo las cero, 24 h, 48 h y 72 h. Por otro lado, se registró la calidad de la semilla, las cuales presentaron diferencias significativas para peso seco de vástago, los valores más altos fueron para El Tanque y El Patol. En peso seco de raíz, peso de cien semillas y velocidad de emergencia destacan las colectas provenientes de El Tanque, El Patol y El Cuervo. Higuerillas presentó valores más bajos en los caracteres antes indicados, diferencia que podría atribuirse a las condiciones ambientales.

Palabras claves: acelerado, colectas, envejecimiento, germinación, vigor.

Recibido: julio de 2018

Aceptado: septiembre de 2018

Introducción

El chile piquín, es un fruto silvestre y es originario de Centro y Sudamérica. Desde el punto de vista agrícola, la especie más importante es *C. annuum*, la cual es originaria de México y contiene tanto chiles de frutos grandes, como chiles de frutos pequeños y de alto grado de pungencia. Los chiles fueron descubiertos e introducidos a Europa por Colón y posteriormente introducido al resto del mundo (Torres, 2006). El chile piquín *C. annuum* var. *Avicular*, se reconoce como el ancestro más cercano de la variedad cultivada (Pozo *et al.*, 1991), es de ocurrencia natural y amplia distribución en México, al ser recolectado, genera ingresos importantes durante el acopio (Montes *et al.*, 2006). Además de ser un producto de alta demanda como condimento y sujeto a una fuerte presión antropogénica, muestra baja incorporación de plantas a sus poblaciones debido a la germinación lenta e irregular de la semilla y está en riesgo un aprovechamiento sostenido (Alfonso, 2010). El rendimiento potencial del chile está en la semilla, bajo la reserva del manejo y condiciones del ambiente óptimo (Wall *et al.*, 2002).

El género *Capsicum* fue domesticado en diferentes partes de América. Las cinco especies domesticadas son *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens*. Se considera que *C. chinense* es la más variable de las especies domesticadas en América, está estrechamente emparentada con *C. frutescens* y su distribución en América del Sur es similar (Bosland, 1996).

El chile piquín es el más pequeño y el más picante y en su época de producción logra desplazar del mercado a otros tipos de chile, es el ancestro silvestre de *Capsicum annuum*. Existe una gran diversidad de chiles silvestres o piquín en el país con diferentes formas, tamaños y nombres de acuerdo a la región (Del Bosque Rodríguez, 2003).

Existen dos tipos de este chile, lo que ha causado mucha polémica entre los especialistas del ramo. Las características del primer tipo muestran a un chile de forma ovalada o redonda, y se encuentra a la orilla de los caminos o ríos al norte del país, en donde lo llaman chiltepín. El otro es de forma más alargada, es más pequeño y tiene fama de ser menos picante y es conocido con el nombre de chile piquín. Ambos se recolectan como chiles silvestres para su venta en los mercados donde alcanzan precios altos. El chile piquín ocupa un lugar muy importante en el consumo en México por su rico sabor y olor, además de ser ampliamente conocido, representando una fuente de ingresos para las comunidades rurales de nuestro país que lo explotan (Del Bosque Rodríguez, 2003).

Así como, es importante en la economía de las familias rurales por ser uno de los productos preferidos de los mexicanos. En las regiones en donde se presenta, forma parte importante de la economía local, principalmente en la época de recolección, generando empleo e ingreso a las comunidades rurales. Además, se le ha considerado en los últimos años como una fuente importante de alimentos para las familias rurales de nuestro país por lo que se ha constituido como una alternativa productiva. La recolección y extracción de frutos de parientes silvestres de este género ha sido una forma de aprovechamiento de los recursos naturales.

Esta forma tradicional de explotación, además de representar ingresos adicionales a la economía familiar campesina, es también la expresión cultural de un largo proceso de interacción del hombre con el medio ambiente, de ahí que al proponer alternativas de uso de los recursos naturales hay que

considerar tanto los aspectos ecológicos y económicos como los socioculturales. Es por ello que, es imprescindible contar con un mejor conocimiento de este recurso natural y sentar bases tecnológicas para su uso conservación y manejo con enfoque de sostenibilidad. Su domesticación y producción como cultivo es una alternativa que ayuda a su conservación y aprovechamiento (Gutiérrez, 2011).

Los frutos son muy picantes y frecuentemente son empleados como condimento en los platillos especiales en múltiples regiones del país. El chile piquín forma parte importante de la alimentación de todos los mexicanos, se utiliza como condimento, y es ingrediente de una amplia gama de alimentos típicos; como salsas, tamales, pozole, caldo de pollo, menudo, además se adiciona a bebidas, frutas y dulces, entre otros.

También tiene un alto valor nutricional ya que contiene una gran cantidad de Vitamina C al ser consumido como alimento, incluso contiene mayor cantidad que los cítricos; su contenido de vitamina C llega a ser de 180 mg 100 g⁻¹, aunque no se debe consumir en exceso, estimula el apetito, aumenta la orina, la menstruación y fortalece el estómago. El chile piquín puede tener otros usos importantes al formar parte de la composición de algunos medicamentos utilizados para combatir la atonía gastrointestinal y algunos casos de diarrea y de la misma manera es utilizado para combatir el cáncer (Gutiérrez, 2011).

El peso de la semilla es un factor importante para calcular tasas de siembra. El peso va a depender del tamaño de la semilla, su contenido de humedad y la cantidad de semilla pura (Cuevas, 1996). El tamaño de la semilla tiene relación con el número de semillas por kilogramo y consiguiente posible número de plantas por hectárea, también varía por la inflorescencia, que refleja las diferencias en épocas de floración y nutrición de las semillas en desarrollo (Wood *et al.*, 1977). Copeland (1976) señala que la disponibilidad de agua durante el desarrollo de la semilla puede intervenir en el vigor de la semilla indirectamente a través de su influencia en la composición química de la semilla madura.

La germinación como la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una plántula normal (Moreno, 1996). Según Delouche (1971), la germinación es un proceso importante y final en la vida de una semilla. Representa tanto la realización como el cumplimiento de la función básica de ella. De la gran variedad de funciones que tiene la semilla, destaca la propagación de la herencia genética de las plantas. También se desempeña eficientemente, como un medio para la distribución de las poblaciones de plantas, a través de áreas de adaptación. Además, señala además que las dos últimas funciones son totalmente dependientes de la germinación. Una semilla que ha perdido su capacidad para germinar, no puede transmitir características genéticamente deseables, ni participar en la dispersión de poblaciones de plantas de un sitio a otro.

Hartman y Kester (1998) determinaron que los factores abióticos que influyen en la germinación, son el agua, el oxígeno, la luz y la temperatura, siendo éste último factor el más relevante en la germinación, algunos autores coinciden en que el mayor porcentaje de germinación entre 97 y 98% se obtienen con semillas de frutos cosechados de los 50 a 55 días después de la floración, coincidiendo con la pigmentación roja del fruto, ejemplo de ello es el chile tabasco con una germinación de 81% en semillas extraídas de frutos cosechados en estado rojo (Lysenko y Butkevich, 1981; Motovani *et al.*, 1981; Edwards y Sunstrom, 1987; Dharmatti y Kulkarni, 1989).

La ISTA (1995) señala que el vigor de la semilla es la suma de las propiedades que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento de la semilla o de un lote de semillas, durante la germinación y emergencia de la plántula, recomienda hacer pruebas de vigor por medio de la evaluación visual de plántulas para aquellas especies cuyas plántulas no se pueden medir fácilmente por sus patrones morfológicos y porque semillas de bajo vigor producen plantas fusiformes. Este método permite clasificar plántulas que poseen plúmulas fuertes y bien desarrolladas de color verde oscuro, raíz primaria fuerte, o si está ausente, deberá contar con abundantes raíces secundarias, mismas, clasificadas como plántulas vigorosas.

La calidad fisiológica se refiere a la viabilidad de las semillas o al potencial que éstas tienen para la germinación, incluyendo el vigor, como resultado de la expresión de factores propios del genoma de la variedad (Basra, 1995). Moreno (1996) establece que las semillas deben reunir ciertos estándares de calidad dependiendo de la especie para ser consideradas de buena calidad física.

Respecto a la evaluación física, Cochran (1974) observó en pimiento morrón que el porcentaje de germinación y emergencia de las semillas grandes fue mayor y produjeron plántulas más vigorosas, uniformes y con mayor cantidad de materia seca en comparación con las de semilla chica. Edwards y Sundstrom (1987) evaluaron el efecto de la madurez del fruto y del tiempo de cosecha y posmaduración en la germinación de chile tabasco.

Estos autores obtuvieron porcentajes de germinación 81% al haber cosechado frutos rojos; además, el porcentaje de germinación se elevó 86% después de un período de posmaduración de 21 días a 25 °C. Doijobe (1990) estudió el efecto de la posición dentro del fruto (base, medio y punta) en la calidad de semilla de chile, este autor encontró que el porcentaje de germinación de las semillas de la base fue mayor en comparación con las de la parte media y de la punta del fruto. Puente y Bustamante (1991) observaron en chile habanero que al avanzar el estado de madurez del fruto hubo un incremento en el porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad fisiológica y el deterioro de la semilla de cuatro colectas de chile piquín de Querétaro y Guanajuato; a través, de la prueba de envejecimiento acelerado.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de análisis de semillas del Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, localizado en el km 8 de la carretera Celaya-Juventino Rosas, ubicado a 20° 34' 00'' latitud norte y 100° 50' 00'' longitud oeste a una altitud de 1 765 m.

Se utilizaron cuatro colectas de chile piquín de Querétaro y Guanajuato: La comunidad del Patol está ubicada a los 20° 47' de latitud norte y 99° 52' de longitud oeste, a una altitud de 1 847 m, al sur de la cabecera Municipal de Tolimán (INEGI, 2015). El clima predominante es seco del subtipo seco semicálido, con lluvias en verano (Bsh); presenta una precipitación pluvial media anual de 593.9 mm, y temperatura media anual de 20.36 °C (CONAGUA, 2015).

La comunidad de Higuerillas está ubicada a los 20° 56' de latitud norte y 99° 52' de longitud oeste, a una altitud de 1 628 m, al norte de la cabecera Municipal de Cadereyta (INEGI, 2015). Se caracteriza por mostrar un clima seco y estepario y, de acuerdo a la humedad y temperatura, puede ser semicálido o semiseco. El clima seco es común en invierno. La temperatura media anual es de 17.63 °C y la precipitación anual de 455.44 mm (CONAGUA, 2015).

La comunidad de El Cuervo, está ubicada a los 20° 54' de latitud norte y 99° 55' de longitud oeste, a una altitud de 1 571 msnm, al norte de la cabecera Municipal de Tolinán (INEGI, 2015). El clima predominante en la parte media del territorio del municipio, que es la región donde se concentra el mayor número de habitantes, es seco, del subtipo seco semicálido, la temperatura promedio anual de 18 °C con precipitación promedio anual en la zona más occidental del territorio es de 600 a 700 mm (CONAGUA, 2015).

La comunidad de El Tanque, está ubicada a los 21° 20' de latitud norte y 100° 5' de longitud oeste, a una altitud de 1 422 m, al norte de la cabecera Municipal de Xichú (INEGI, 2015). Cubierto por montañas, de clima variable, desde el cálido subtropical hasta el templado presenta precipitación pluvial de 617 mm anuales, la temperatura media anual es de 18 °C (CONAGUA, 2015).

Los frutos de chile piquín se recolectaron de plantas silvestres seleccionadas al azar en cada localidad, en particular frutos de mayor tamaño. Después se sometieron a un proceso de deshidratación lenta, y se colocaron en un lugar seco, ventilado y al sol.

Una vez realizada la deshidratación de la cubierta y la placenta del fruto se procedió al beneficio de las semillas, se colocaron en una criba cuadrada de 3 mm de diámetro; se frotaron manualmente para triturarlos y liberar las semillas de la placenta. Una vez triturados se colocó en una charola con criba de menor diámetro, para eliminar partículas pequeñas derivadas de las placentas. A continuación, se sometieron al separador neumático, con el fin de eliminar impurezas, semillas vanas, desechos de placentas y cubiertas del fruto. Después se procedió a seleccionar las semillas viables por el método de inmersión en agua, posteriormente se procedió a su secado durante 24 h, en condiciones ambientales.

Se clasificaron las semillas por diferencia de peso en la mesa de gravedad. Se utilizaron 150 g de semillas de chile por muestra, mismas que se vertieron en la tolva y por gravedad, fluyeron a la mesa acondicionada a 1.5 cm de inclinación; así mismo, las charolas receptoras se distribuyeron en forma equidistante. Las muestras empleadas permitieron lograr que las semillas fluyeran en las charolas para considerar.

Peso de 100 semillas. Para cada colecta se hicieron cuatro repeticiones de 100 semillas, a las cuales se registró el peso con una balanza analítica digital (ISTA, 1995).

Para promover la germinación se utilizó el producto comercial Biogib en polvo soluble, ácido giberelico (GA3). Se sometieron 300 semillas a imbibición por 24 h en un frasco de 200 ml de agua destilada con Biogib y utilizando solo las semillas que se sumergieron totalmente y desechando las flotantes. Para estas pruebas se utilizaron cajas Petri y papel absorbente como sustrato, la siembra se realizó sobre papel usando cuatro repeticiones de 50 semillas. Las semillas se desinfectan con

Captan en dosis de 2 g L⁻¹ de agua y se colocan en cajas Petri. Posteriormente se colocaron en una cámara germinadora a 25 °C, se realizaron dos conteos, el primero al séptimo día y el segundo al día 14, sólo se consideró las plántulas normales (ISTA, 1995; AOAC, 1997).

En esta fase se determina vigor (V) y germinación estándar (G) en dos recuentos, el primero a los siete días de establecida la prueba y el siguiente a los 14 días después. Los registros se realizan en plántulas con raíz y plúmula desarrolladas, sanas y sin deformaciones. Los datos se presentan en unidades porcentuales.

El vigor de la semilla se obtuvo mediante la prueba de envejecimiento acelerado que consistió en someter las semillas 24, 48, 72, 96, 120 y 144 h a una temperatura de 42 °C y 100% de humedad relativa, después de este periodo, las semillas se someten a una prueba normal de germinación estándar.

Velocidad de emergencia. Se prepararon charolas con tierra y sustrato compuesto por vermiculita peat moss, y las semillas se colocaron en las cavidades bajo un diseño completamente al azar por tres repeticiones. Una vez sembradas y debidamente cubiertas, el sustrato se regó hasta lograr la saturación. Al iniciar el proceso de emergencia de coleptilo, los conteos de plántulas se hacen diario hasta que el número no cambia, lo anterior permite obtener la velocidad de emergencia siguiendo lo establecido por Maguire (1962) realizando la siguiente fórmula.

VE= (núm. de plantas normales/día del primer conteo) +...+ (núm. de plantas normales/día del conteo final).

Así mismo se determinó el peso seco de la plántula (PSP) y el peso seco de radícula (PSR), en una muestra de 10 plántulas con competencia completa, después se secaron en una estufa a 60 °C durante 48 h hasta peso constante. Y peso seco de plántula. Una vez obtenida las 10 plántulas al final de la prueba de emergencia en charolas, se depositan en bolsas de papel destreza y se secan en un horno a 40 °C por 24 h, posteriormente se pesaron en una balanza analítica de precisión.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, donde el factor (A) son los genotipos y factor (B) son los tiempos de almacén 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 h usando tres repeticiones. Se realizaron comparaciones de medias entre tratamientos, mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra la comparación de medias para germinación a través de envejecimiento acelerado. Según Taiz y Zeiger (2010) mencionan que el proceso de germinación se activa una vez que se hidratan los tejidos de la semilla, lo que genera una cadena de eventos irreversibles, donde el proceso inicia con la degradación de azúcares en el endospermo, así como la importación de estas hacia el embrión para promover el crecimiento; asimismo, se activan genes involucrados en la germinación.

Cuadro 1. Comparación de medias para germinación estándar en colectas de chile piquín del estado de Querétaro y Guanajuato. Roque, Celaya, Guanajuato 2015.

Genotipo	Germinación (%)		
	7 días	14 días	21 días
Higuerillas	6.57 a	24.45 a	36.1 a
El Tanque	0.97 b	11.05 b	30.1 b
El Patol	3.04 b	24.79 a	38.7 a
El Cuervo	5.66 a	24.81 a	39.38 a
DMS (0.05)	2.28	5.29	5.05
\bar{X}	4.06	21.28	36.07
Envejecimiento acelerado (h)			
0	3.38 c	26.6 a	36.37 a
24	11.87 a	28.49 a	33.28 a
48	7.69 b	29.33 a	36.77 a
72	3.38 c	26.59 a	36.04 a
96	2.03 c	17.84 b	34.6 a
120	0 c	6.23 c	39.13 a
144	0c	13.84b	36.27 a
DMS (0.05)	3.49	8.09	7.71
\bar{X}	4.05	22.43	36.06

Letras iguales significan que no existen diferencias significativas.

Al realizar los conteos de germinación a los 7 días, se presentaron dos grupos donde el primer grupo estuvo formado por el genotipo proveniente de Higuerillas y de El Cuervo quienes obtuvieron el mayor porcentaje de germinación con 6.57 y 5.66%, el segundo grupo estuvo conformado por los genotipos de El Patol con 3.04% y muy por debajo de la media se posicionó el genotipo de El Tanque con 0.97%. Por otro lado, para los conteos a los 14 días los mejores genotipos fueron Higuerillas, El Patol y El Cuervo con 24.45, 29.79 y 24.81%, respectivamente; sin embargo, nuevamente se encontró a la semilla evaluada para El Tanque con 11.05% quien presentó el valor más bajo. Por último, el conteo realizado a los 21 días, donde a excepción de El Tanque con 30.1% de plántulas normales, los genotipos de Higuerillas, El Patol y El Cuervo presentaron rangos superiores del 36.1 al 39.38%. Cabe señalar que el genotipo más afectado por la temperatura y humedad relativa alta (42 °C y 100% HR) fue la colecta del tanque en todos los muestreos de germinación, lo que indica que este material presenta susceptibilidad al deterioro acelerado y por lo tanto baja longevidad.

El mejor tiempo para el conteo realizado a los 7 días fue a las 24 horas de deterioro. Esto coincide con lo descrito por Dell'Aquila (2004) quien menciona que la hidratación ocurre en las primeras 8 h de la imbibición, en semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* L. y *Solanum lycopersicum* L.). Este comportamiento contrasta con el observado en semillas de maíz (*Zea mays* L.) por Cruz-Pérez *et al.* (2003), en las que el endospermo presenta lenta imbibición en las primeras 10 h. Por otro lado, a las 120 y 144 h de envejecimiento, resulto contraproducente al no presentarse semillas germinadas; es decir, conforme avanza el tiempo exposición al estrés la semilla pierde su viabilidad.

En cuanto a los conteos realizados a los 14 días, los mejores tiempos se presentaron: testigo las cero (26.6%), 24 h (28.4%), 48 h (29.33%) y 72 h (26.59%). Por otro lado, todos los genotipos presentaron respuesta negativa después de las 96 h de envejecimiento; es decir, disminuyó el número de plántulas normales.

Por otro lado, en la evaluación realizada a los 21 días, todos tiempos evaluados de envejecimiento no presentaron diferencias estadísticas; es decir, mostraron resultados muy similares. Respecto a ello, Doijobe (1990), en el estudio de vigor y viabilidad del chile se encontró todos los conteos estadísticamente similares que las semillas extraídas de frutos colectados en estado maduro tienen una mayor capacidad de germinación y vigor de plántula, sin embargo, los frutos pueden cosecharse en una etapa anterior sin afectar su calidad. Por otro lado, Almanza (1993), en estudios bromatológicos realizados a chile piquín encontró que para su siembra es necesario contar con semillas de calidad, la cual se obtiene de frutos totalmente maduros (rojos) de plantas sanas. Si se extrae de frutos verdes y que maduraron después, las semillas presentarán problemas en su germinación o producirá plántulas débiles con pobre desarrollo.

Por su parte, Bañuelos *et al.* (2008); Araiza *et al.* (2011) reportaron bajas tasas de germinación en semillas de chile piquín, lo que se le ha atribuido a la impermeabilidad y dureza de la cubierta seminal, a la baja permeabilidad del endospermo y a una latencia profunda del embrión. Estos resultados, muestran independientemente del tratamiento con giberelinas que el mejor tiempo de evaluación es a los 21 días ya que este tiempo se presentaron los porcentajes más altos de germinación es a los 21 días, según los resultados de las medias (Cuadro 1).

Del Bosque Rodríguez *et al.* (2004) mencionan que se ha registrado germinación menor al 5% durante el primer mes de siembra en semillas de poblaciones silvestres de chile piquín, ello debido a que la semilla presenta latencia, ya que la testa está compuesta por cera epicuticular y una capa externa dura que la hacen impermeable, lo que influye en una adecuada absorción de agua. Estos resultados concuerdan con los de este experimento a los 7 días de evaluación presentando una media de todos los genotipos de 4.06% de germinación y a través de los tiempos de envejecimiento acelerado encontraron una media de 4.73%. Según Meyer (1994), la impermeabilidad de la cubierta seminal puede ser causa de dormancia en la semilla. Sin embargo, dadas las características individuales de las semillas de una misma especie, la germinación no es un proceso que se exprese simultáneamente en una misma población (Bewley, 1997).

La familia Solanaceae de chile piquín, se ha documentado que presenta dormancia fisiológica no profunda, donde la germinación es influida por factores como fitocromos, temperatura y reguladores de crecimiento de plantas tales como ácido abscísico y giberilinas (Baskin y Baskin, 2004).

En los últimos años se han estudiado nuevas técnicas para mejorar la germinación; entre estas se destaca el uso de tratamientos fisiológicos de hidratación-deshidratación, los cuales resultaron ser adecuados para incrementar, acelerar y sincronizar la germinación de las semillas frescas y envejecidas de muchos cultivos (McDonald, 2000; Sánchez, 2005) y a su vez permiten el intercambio de agua y gases a través de las cubiertas duras y cutinizadas.

Algunos investigadores encontraron que en semillas colectadas a mayores elevaciones, dentro del rango de distribución de la especie, los porcentajes de germinación fueron mayores, debido a que el porcentaje de germinación y el crecimiento inicial pueden ser influidos por la altitud en

la cual fue colectada la semilla (Bolaños y Vera, 1997). De acuerdo a nuestros resultados el genotipo con menos potencial de germinación en todos los muestreos fue la colecta de El Tanque del estado de Guanajuato ubicada a 1 422 msnm. Las otras tres localidades donde se realizaron las colectas presenta menor altitud desde (1 571 hasta 1 847 m) del estado de Querétaro y todas presentan mayor porcentaje de germinación; lo cual indica, que esta característica si es afectada por la altitud.

Otros estudios demuestran que el crecimiento de las plantas en menores elevaciones es mayor, lo que redonda en un porcentaje mayor de establecimiento de las plántulas, por lo que a mayor altitud el crecimiento de las plántulas es menor la germinación (Viveros-Viveros, 2009).

En el cuadro 2, se muestra la prueba de comparación de medias. En donde se puede observar que peso seco de vástago los valores más altos fueron para El Tanque y El Patol con 0.296 y 0.27 g, respectivamente. En peso seco de raíz (PSR), peso de cien semillas (P100s) y velocidad de emergencia (VE) destacan las colectas provenientes de El Tanque, El Patol y El Cuervo con el mejor comportamiento; mientras que el genotipo de chile piquín ubicado en Higuierillas tuvo los valores más bajos en los caracteres antes indicados. Esta diferencia fue ocho veces menor que la colecta de El Tanque. La colecta de higuierillas mostró el menor peso de semilla, esta última variable sí afecta con frecuencia el vigor y la germinación (Cubero, 1999).

Cuadro 2. Comparación de medias de vigor inicial de vástago y peso de semilla en las colectas de chile piquín. Roque, Celaya, Guanajuato 2015.

Genotipo	PSV	PSR	P100S	VE
		(g)		(núm.)
El Tanque	0.296 a	0.041 a	0.316 a	32.729 a
El Patol	0.27 a	0.0334 a	0.31 a	29.204 a
El Cuervo	0.251 b	0.028 a	0.304 a	26.501 a
Higuierillas	0.243 b	0.0243 b	0.2629 b	4.978 b
DMS (0.05)	0.042	0.014	0.026	9.928

Letras iguales significan que no existen diferencias significativas. PSP= peso seco de vástago; PSR= peso seco de raíz; P100S= peso de cien semillas; VE= velocidad de emergencia.

La semilla procedente de la localidad El Tanque mostró mejor respuesta que la obtenida de El Patol, diferencia que podría atribuirse a las condiciones ambientales. La comunidad de El Tanque se ubica a 1 422 m de altitud, registra una precipitación de 617 mm y una temperatura media anual de 18 °C. Mientras que el Patol se ubica a 1 847 m de altura, 593.9 mm en precipitación y 20.36 °C. Otro factor que podría atribuir es que las plantas donde se colectaron los frutos de chile piquín en El Tanque conviven con una vegetación cubierta por montañas y de clima variable. Esta condición podría atribuirse por la interacción genotipo ambiente (Cubero, 1999). Cabe señalar, que la colecta de El Patol fue la que presentó menor por ciento de germinación, lo que indica una correlación negativa, lo cual se considera irregular.

En este sentido, Geneve y Kaster (2001) en un estudio de tamaño y crecimiento de semillas, mencionan que el crecimiento de plántulas es útil para medir vigor, pero la distribución de peso entre la parte aérea y radical de la plántula representaría la condición maternal de crecimiento de

la semilla en un ambiente nuevo. Alderete *et al.* (2005) concluye que el desarrollo de la plántula y vigor de la misma, mantiene una estrecha relación de acuerdo al origen y ambiente donde se busca propagar su cultivo.

Conclusiones

Hubo una fuerte variación fenotípica para todos los caracteres registrados, debido a la diversidad genética intra e interpoblacional de las colectas. La mayor tasa de germinación se obtuvo a los 21 días de evaluación de la prueba. Al incrementar el tiempo de exposición de las semillas a altas temperaturas y 100% de humedad relativa (deterioro), la obtención de plántulas normales disminuyó de forma significativa a los 14 días de evaluación. Con respecto al vigor inicial de plántula, el genotipo colectado en El Tanque presentó el mejor comportamiento; en peso seco de vástago y raíz 0.29 y 0.041 g, peso de 100 en semillas 0.316 g y en velocidad de emergencia. Finalmente, las características del análisis proximal no presentaron relación con el vigor inicial de plántula, peso de semilla y vigor de semilla. Sin embargo, presentaron relación negativa a los 7 y 14 días de la prueba.

Literatura citada

- Alderete, A.; Mexal, J. G. y López-Upton J. 2005. Variación entre procedencias y respuestas a la poda química en plántulas de *Pinus greggi*. *Agrociencias*. 39:563-564.
- Alfonso, G. F.; Montes, H. S.; Rangel, L. J. A.; García, M. E. y Mendoza, E. M. 2010. Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. *glabrusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(2):203-216 p.
- Almanza, E. J. G.; Maiti, R. K.; Foroughbakhch, P. R.; Cárdenas-Ávila, M. L.; Núñez- González, M. A.; Moreno-Limón, S.; Hernández-Piñero, J. L. y Valadez-Cerda, M. C. 1993. *In: XV Congreso Mexicano de Botánica-Etnobotánica. Bromatología del chile piquín.*
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis 15a. Edition.* Ed. Association of Official Analytical Chemists, International Gaitherstourg, USA.
- Bañuelos, N.; Salido, P. L. y Gardea, A. 2008. Etnobotánica del chiltepín. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Estudios Sociales. CIAD.*16(32):177-205.
- Basra, A. S. 1995. *Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications.* Food Products Press. New York, United States of America. 389 p.
- Bolaños, G. M. y Vera, J. G. 1997. Resistencia de genotipos de frijol criollo *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae) al ataque de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Folia Entomol. Mex.* 100:23-33.
- Bosland, P. W. 1996. *Capsicums: innovative uses of an ancient crop.* *In: Janick, J. (Ed.). Progress in new crops.* Arlington, VA. ASHS Press. 479-487 p.
- Cochran, H. L. 1974. Effect of seed size on uniformity of pimiento transplants (*Capsicum annuum* L.) at harvest time. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:234-235.
- CONAGUA. 2015. Comisión Nacional del Agua. <http://www.conagua.gob.mx/>.
- Copeland, L. O. 1976. *Principles of seed science and technology.* Burgess Publishing Company. Minnesota, USA. 369 p.
- Cruz-Pérez, A. B.; González-Hernández, V. A.; Mendoza-Castillo, M. C. y Ortega-Delgado, M. L. 2003. Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla en maíz. *Agrociencia.* 37:371-381.

- Cubero, I. J. 1999. Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Ediciones Mundi-Prensa, México. 365 p.
- Cuevas, C. 1996. Análisis de la calidad física de semillas forestales. *In*: Primer Seminario sobre Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. Memorias.
- Del Bosque Rodríguez, L. A. 2003. El cultivo del chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noroeste de México. *In*: Memoria del 1er. Simposio Regional sobre Chile Piquín: Avances de Investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre. 8 p.
- Del Bosque Rodríguez, L. A.; Ramírez, M. y Pozo, O. 2004. Tecnología de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Río Bravo. Folleto técnico Núm. 29. Tamaulipas, México.
- Dell'Aquila, A. 2004. Cabbage, lentil, pepper and tomato seed germination monitored by an image analysis system. *Seed Sci. Technol.* 32:225-229.
- Delouche, J. C. 1971. Determinants of seed quality. *Sc. Proc. Miss short course for seedsmen. Seed Technology Lab. State University. USA.* 13:53-68.
- Dharmatti, P. R. and Kulkarni, G. N. 1989. Physicological maturarion studies in bell papel (*Capsicum annuum* L. grossum sendt). *Hort. Abst.* 59:663-664.
- Doijobe, S. A. 1990. Studies on vigor and viability of seed as influenced bymaturity in Chilli (*Capsicum annum* L.). United States of America. *Hort. Abst.* 60:75.
- Edwards, R. L. and Sundstrom, F. J. 1987. After ripening and harvesting effect on Tabasco peper seed germination performance. United States of America. *Hort. Sci.* 22(3):473-475.
- Geneve, R. L. and Kester, S. T. 2001. Evaluation of seedling size followings germination using computer aieded analysis of digital images from a flat bed scanner. *Hort Sci.* 36(6):1117-1120.
- Gutiérrez, H. J. 2011. Análisis de la problemática de la producción y comercialización del chile piquín (*Capsicum annuum* var. aviculare), caso: comunidad de San Francisco Yovego del municipio Santiago Camotlán, Oaxaca. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Tesis de Licenciatura.
- Hartman, H. y Kesler, D. 1988. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 3^{ra}. (Ed.). Edit. Continental, SA. México.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ISTA. 1995. International Seed Testing Association. International rules for seed testing *Seed Sci. and Technol.* 13(2):322-
- Lysenko, A. I. and Butkevich, T. S. B. 1981. *Capsicum* seed quality in relation to the degree of fruit maturity. *Hort. Abast.* 51-798 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergencies and vigor. *Crop. Sci.* 2:176-177.
- McDonald, M. B. 2000. Seed priming. *In*: seed technology and its biological basic. Black, M. and Bewley, S. J. D. (Eds.), Academic Press. 286-325 p.
- Montes, H. S.; Ramírez, M. M.; Villalón, M. H.; Medina, M. T.; Morales, C. A.; Heredia; G. E.; Soto, R. J. M.; López, L. R; Cardona, E. A. y Martínez, T. H. L. 2006. Conservación y aprovechamiento sostenible de chile silvestre (*Capsicum* spp. Solanaceae) en México. *In*: López, L. P. y Montes, H. S. (Eds.). Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. INIFAP-CIR-CENTRO. Celaya, Guanajuato, México. Libro científico núm. 1. 71-134 p.
- Montovani, E. C.; Da Silva, R. F.; Casali, V. W. D. and Conde, A. R. 1981. Development and physiological ripening of *Capsicum* sedes. *Hort. Abst.* 51(2):798.

- Moreno, M. E. 1996. Análisis Físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México. Programa universitario de alimentos tercera edición. 393 p.
- Pozo, O.; Montes, S. y Redondo, E. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). In: Ortega, R.; Palomino, G.; Castillo, F.; González, V. A. y Livera, M. (Eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC. (SOMEFI). Chapingo, Estado de México. 217- 23 p.
- Puente, P. C. y Bustamante, G. L. 1991. Efecto del estado de madurez y posmaduración del fruto de chile (*Capsicum annuum* L.) sobre la calidad de su semilla. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, AC. IV Congreso Nacional. Saltillo, Coahuila, México. 187 p.
- Sánchez, J. A. 2005. Efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la biología reproductiva del pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología y Sistemática. La Habana, Cuba 70 p.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. Plant physiology. 5th (Ed.). Sinauer Associates, Inc., Sunderland. 12-24 p.
- Torres, C. M. 2006. Informe técnico final contrato 032-2006 procesos de investigación orientados a la extracción de compuestos de especies andinas utilizando técnicas artesanales y métodos de laboratorios que permitan la generación de mínimo 15 protocolos de transformación secundaria de recursos filogenéticos con potencial uso a nivel medicinal, industrial y alimenticio. Subdirección Científica-Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia. 15-34 p.
- Viveros-Viveros, H.; Sáenz-Romero, C.; Vargas-Hernández, J.; López-Upton, J.; Ramírez-Valverde G. and Santacruz-Varela A. 2009. Altitudinal genetic variation in *Pinus hartwegii* Lind. I: Height growth, shoot phenology and frost damage in seedlings. *Forest Ecol. Manag.* 257:836-842.
- Wall, A. D.; Kochevar, R. and Phillips, R. 2002. Chile seed quality New Mexico chile task forcé. Report 4. New Mexico State University and US Department of Agriculture.
- Weaver, R. J. 1975. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México. 39-81 p.
- Wood, D. W.; Lomgden, P. C. and Scott, R. K. 1977. Seed size variation; its extent, source and significance in fiel crops. *Seed Sci. Technol.* 5:337-352.