

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efectos Físicos y Fisiológicos en Semilla de Cinco Genotipos de Chile Piquín
(*Capsicum annum*, var. *glabriusculum*) Sometidos a Tratamientos
Pregerminativos

Por:

AMÉRICA GARCÍA GORDILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos Físicos y Fisiológicos en Semilla de Cinco Genotipos de Chile Piquín
(*Capsicum annum*, var. *glabriusculum*) Sometidos a Tratamientos
Pregerminativos

Por:

AMÉRICA GARCÍA GORDILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

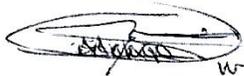
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alfonso López Benítez

Asesor Principal



M.C. Juan Samuel Guadalupe

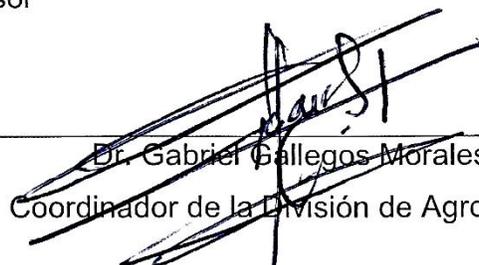
Jesús Alcalá Rico

Coasesor



M.C. Roberto Espinoza Zapata

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2019

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Primeramente, te agradezco la razón de vivir y por no soltarme de tu mano por brindarme unos padres y hermanos excelentes, que siempre me han brindado amor, todo el apoyo incondicional sobre todo salud y paz en mi vida así mismo de ser quien soy hoy en día.

A MI VIRGEN SANTISIMA DE GUADALUPE

Por nunca dejarme caer a pesar de las adversidades que nos presenta la vida y verme triunfar en este camino.

A MI UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Por abrirme las puertas y permitirme ser de una generación más de esta gran universidad, mi adorada ALMA MATER que me vio caer pero que también me vio levantarme y con esfuerzo haber culminado mi carrera profesional. Gracias porque viví tantos momentos inolvidables dentro de ella, por todo.

ESTOY TAN ORGULLOSA DE SER UN BUITRE DE LA NARRO.

A MIS ASESORES DE TESIS

Dr. Alfonso López Benítez. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por la dedicación, apoyo, tiempo orientación y la confianza que deposito en mí para llegar con éxito a la culminación del trabajo.

M.C. Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico. Por abrirme las puertas de la investigación y permitirme trabajar en este proyecto, en el área estadística, así como la dedicación que me dio al revisar este trabajo en la orientación, ayuda y sus consejos, paciencia y comprensión.

M.C. Roberto Espinoza Zapata. Por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo y por el tiempo que dedicó a la revisión del mismo y agradecida por ser su ex alumna.

Ing. Raúl Gándara Guitrón. Por ayudarme, aconsejarme y corregirme durante todo el proceso de la revisión de mi trabajo, aún más por haber sido mi catedrático en mi etapa como estudiante y ahora como mi asesor.

A MIS AMIGOS

Sr. Samuel, Sra. Ana, Zuleyma, Alexis, Sara, Laura, Lucero, Guadalupe, Lucia, Johana, Ade, Susana, Cecilia, Adrian, Francisco, Beatriz, Fabiola, Isela, Ma. Elena, Carmen, Claudia, Diana, Juan, Joel, Israel, Cristina, Milo, Arturo, Tocho, Perla, Blanca, Fátima, Ricardo, Graciela, Xiomara, Salvador, Wilmer, Maggy, Ruby, Alejandra, Vilma, Ana, Elvia, Belgy, Marlen, Mayra, Vanessa, Rocio, Mary, Fanny, Mirna, Yesenia, Julio, Dreyli, Irma, Nelly, Nayeli, Silvia, Alicia, Eduin, Leo, Melquisedec, Eduardo y muchos que me faltan por mencionar, sinceramente muchas gracias por su gran amistad y por haberme acompañado en este trayecto de universidad.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN

Por haber sido una integrante de esta preciosa generación donde conocí personas magnificas, por compartir tantos momentos, conocimientos puntos de vista, tantas bromas, enojos, entre tantas cosas que sin lugar a duda mas de 4 años espectaculares aventuras que disfruté y que ahora son parte de mi vida.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

A mi Madre la Sra. Esperanza De Jesús Gordillo Fernández.

Por darme la vida.

&

A mi Sr. Padre Nolberto Pérez.

Por permitirme ser su hija.

Muchas Gracias porque me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo y concluir mi meta profesional, quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, quienes jamás rompieron esta gran ilusión de mi vida que hoy me ha convertido en realidad me han convertirme en una persona de provecho. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí, todos sus desvelos por pensar que no me pasara nada malo porque emprendí el vuelo. Fue difícil pero no imposible de lograr, gracias, a todas sus buenas enseñanzas, consejos. Siempre serán los mejores padres del mundo quiero que sepan que le doy gracias a Dios por haberme dado a los mejores padres y también quiero que sepan que este el logro no es mío, es de ustedes, mi esfuerzo es inspirado en ustedes, los amo con toda el alma DIOS me los bendiga y me los preste por muchos años más, MIL GRACIAS PAPAS.

A MIS HERMANOS

Federico, Daniel, Angelina: Que les puedo decir si soy afortunada son mis tres mosqueteros de vida que sin duda mi padre Dios me regalo, los quiero tanto a lo mejor no se los digo, pero saben q ahí estoy siempre a pesar de la distancia. Solo recordemos que “Nacimos del mismo árbol, puede que nuestras ramas vayan en diferentes direcciones, pero siempre nos unirán nuestras raíces y cada uno me han enseñado tanto de la vida, los amo.

A MIS ABUELOS

Isabel, Jairo, Enrique, Beltrán (Q.E.P.D) Por haberme enseñado desde pequeña a ser siempre humilde, apoyar a quien lo necesite, trabajar duro, amar el campo, respetarlo, ser honesto, tener ética en lo que hacemos, ser fuerte y no rendirme ante nada. Los llevo en mi corazón y en mis pensamientos, los extraño mucho.

A MI HIJA

Este proyecto es dedicado especialmente para ti mi amor.

América Denisse Alcalá García.

Mi hija mi gran orgullo y mi motivación que me impulsa a superarme.

Desde el primer momento que nos enteramos que seríamos papas, la vida nos cambió nos llenaste de alegría de saber que jamás estaríamos solos eres el regalo mas precioso que toda madre espera, el milagro de la vida y tú mi princesa nunca dejas de sorprenderme y me recuerda que con Dios siempre voy a estar agradecida, eres el amor más sincero, puro y grande que pueda existir mi muñeca, me hice más fuerte, pero tú siempre serás mi debilidad. Eres mi inspiración dice una frase por ahí: ¿saben por qué las niñas usan moño en la cabeza?: “PORQUE MI NIÑA DENISSE ES UN REGALO DE DIOS” Muchas gracias hija mía; porque sin tí no hubiera logrado desarrollar este proyecto de grado.

A Mis Sobrinos

Israel, Edith, Sara, Joshua Enrique, Karen Noemi,

Son realmente especial, el reflejo de mis hermanos(a) y cuñados (a.) Ustedes son guardianes de todos los encantos de la infancia, que recuerdan la inocencia y alegría, son mis joyas más bellas tienen mi cariño, amor

¡En general a toda mi familia que creyó en mí!

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	v
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen del chile.....	4
2.2. Chile piquín.....	4
2.3. Distribución geográfica del chile piquín	5
2.4. Descripción botánica del chile piquín	6
2.5. Clasificación taxonómica	6
2.6. Importancia del chile piquín	7
2.7. Germinación en chile piquín	8
2.8. Producción del chile piquín.....	9
2.9. Semilla.....	9
2.10. Germinación	10
2.10.1. Factores que afectan la germinación.....	10

2.11. Latencia	11
2.11.1. Tipos de latencia	11
2.11.2. Mecanismos para romper latencia.....	13
III MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización del sitio experimental	16
3.2. Material vegetal utilizado	16
3.3. Tratamientos.....	17
3.4. Metodología.....	18
3.5. Variables evaluadas	19
3.5.1. Variables físicas	19
3.5.2. Variables Fisiológicas	19
3.6. Diseño experimental	21
3.7. Análisis estadísticos	22
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Pruebas físicas	24
4.2. Pruebas fisiológicas.....	25
V CONCLUSIONES.....	41
VI LITERATURA CITADA	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Clasificación para la latencia de semillas.....	12
Cuadro 2.2	Composición y formulación del Agromil-V®.....	15
Cuadro 3.1	Identificación y origen geográfico de cinco genotipos de chile piquín.....	16
Cuadro 3.2	Tratamientos utilizados para promover la germinación de la semilla de cinco genotipos de chile piquín.....	17
Cuadro 4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza de las pruebas físicas de cinco genotipos de chile piquín.....	24
Cuadro 4.2	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas físicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín.....	25
Cuadro 4.3	Cuadrados medios del análisis de varianza de las pruebas fisiológicas de cinco genotipos de chile piquín.....	26
Cuadro 4.4	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando tratamientos pre germinativos.....	28
Cuadro 4.5	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando cinco genotipos de chile piquín.....	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Medias de la variable velocidad de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	30
Figura 2.	Medias de la variable índice de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	31
Figura 3.	Medias de la variable porcentaje de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	32
Figura 4.	Medias de la variable porcentaje de plantas anormales utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	33
Figura 5.	Medias de la variable porcentaje de semilla muerta utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	34
Figura 6.	Medias de la variable porcentaje de semilla dura utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	35
Figura 7.	Medias de tratamientos y genotipos para la variable longitud de plúmula.....	36
Figura 8.	Medias de tratamientos y genotipos para la variable longitud de raíz.....	37
Figura 9.	Medias de tratamientos y genotipos para la variable peso seco de plantula.....	38
Figura 10.	Correlación de variables de pruebas físicas y fisiológicas para semilla de chile piquín.....	39
Figura 11.	Dendrograma de cinco genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos.....	40

RESUMEN

El chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) es una especie de gran importancia en el ámbito económico, gastronómico y como recurso fitogenético, el cual se ve afectado por la forma que se cosecha donde se impide la regeneración de la especie lo cual puede ocasionar deriva genética. Se requiere contar con un mejor conocimiento de este recurso natural con el propósito de hacer un mejor uso y aportar investigación relevante al medio agrícola. El primer paso es resolver la baja germinación que presenta en condiciones naturales. Para esto se desarrollaron estudios en el laboratorio de ensayos de semillas del departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), donde se realizaron pruebas pregerminativas en condiciones controladas de dicha especie con el propósito de incrementar el porcentaje de germinación en un tiempo más corto y con mayor uniformidad. El experimento constó de la utilización de 11 tratamientos pregerminativos los cuales se aplicaron a cinco genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos. Los tratamientos que se utilizaron fueron el ácido giberélico, agua oxigenada, ácido clorhídrico, agua caliente, nitrato de potasio, escarificación mecánica y sus combinaciones con el ácido giberélico, además de un producto comercial llamado Agromil-V y el testigo al cual no se le aplicó ningún tratamiento. Los genotipos que participaron: dos son originarios de Nuevo León, uno de San Luis Potosí, uno de Tamaulipas y uno de Veracruz. El diseño experimental utilizado para las pruebas físicas fue un completamente al azar y para las pruebas fisiológicas se estableció bajo un completamente al azar con arreglo de parcelas divididas. El análisis de varianza se realizó de acuerdo al diseño utilizado, en los casos donde se encontraron diferencias se efectuó una comparación de medias de Tukey y gráficos de interacción. Se encontraron diferencias significativas en la fuente de variación genotipos para todas las variables, presentando la misma condición la fuente tratamientos e interacción Tratamiento por Genotipo para las variables de

pruebas fisiológicas. En cuestión de los tratamientos con la aplicación de ácido giberélico y su combinación con la escarificación mecánica se obtuvieron las características deseables que fue mayor velocidad de germinación (VG), índice de germinación (IG), porcentaje de germinación (PG) y longitud de plúmula (LP). Por otro lado, el agua caliente afectó la semilla al obtener solo porcentaje de semilla muerta (PSM) y dura (PSD). El tratamiento con ácido clorhídrico aceleró la VG de la semilla, aunque no fue muy satisfactorio ya que al mismo tiempo provocó un incremento en el porcentaje de plantas anormales (PPAN), PSD y PSM, aunque se observó que esto se podía solventar al combinarlo con ácido giberélico con lo cual también puede promover la LP. El peróxido de hidrógeno y el nitrato de potasio tuvieron un efecto negativo en las variables de germinación (VG, IG, PG y PPAN) aunque fueron superiores en PSM y PSD, por otro lado, en estado de plántula este tratamiento puede estimular la LP y longitud de raíz (LR). El producto agromil-V al parecer tuvo un efecto mínimo para romper la latencia de la semilla de chile piquín, pero parece ser una buena alternativa para la acumulación de materia seca. En lo que respecta los genotipos, el G5 originario de Rioverde, San Luis Potosí reunió las características deseables ya que tuvo los más altos valores en VG, IG, PG, PV, PCS y los más bajos valores en PSM y PSD, en estado de plántula el genotipo G2 originario de San Carlos, Tamaulipas estuvo por encima del resto de genotipos en las variables LP, LR y PSP. Para la interacción todos los genotipos tuvieron una respuesta positiva al aplicarles ácido giberélico y su combinación con la escarificación mecánica. Los genotipos se conglomeraron en tres grupos teniendo el en primer grupo al genotipo G5 en el segundo grupo al genotipo G4 y en el tercer grupo a los genotipos G3, G1, G2. Además, se presentó alta correlación entre las variables de germinación, así como también en las variables que se evaluaron en estado de plántula y las variables de pruebas físicas. En conclusión, cada tratamiento tiene un efecto diferente en cada genotipo y estos tienen un comportamiento particular, así mismo el ácido giberélico puede romper la latencia que impide la germinación de la semilla de chile piquín.

Palabras clave: Germinación, latencia, semilla, chile silvestre.

I INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae e incluye diferentes variantes de chiles que se diferencian fácilmente por su tamaño, forma, color y grado de pungencia. Con base en el grado de pungencia los chiles se clasifican en picantes y dulces, los primeros generalmente con fruto pequeño y los segundos con frutos grandes (Pozo *et al.*, 1991).

México es considerado el centro de origen y de mayor variabilidad morfológica (tamaño, forma y color de frutos) y genética (Baltazar, 1997; Hernández-Verdugo *et al.*, 2001; García-Hernández *et al.*, 2004) de la especie *C. annum*. Su riqueza tanto morfológica como genética se debe en gran parte a la diversidad de climas y suelos, pero también a las prácticas tradicionales de cultivo que efectúan los pequeños productores utilizando las semillas de los frutos seleccionados de las plantas nativas (Latournerie *et al.*, 2002).

Esta especie se ha dividido en dos variedades, *C. annum* var. *annuum* y *C. annum* var. *aviculare*. Esta última se reconoce como el ancestro más cercano de la variedad cultivada (Pozo *et al.*, 1991) del cual existen dos tipos, 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.

Este chile es de ocurrencia natural y amplia distribución en México, está considerado como un recurso fitogenético muy valioso en programas de mejoramiento genético (Vatova *et al.*, 2002), al ser recolectado, genera ingresos importantes durante el acopio (Rodríguez-Del Bosque, 2005). Además de ser un

producto de alta demanda en su época de producción aunque su venta alcance precios elevados, logra desplazar del mercado a otros tipos de chile, ocupando un lugar muy importante en el consumo de nuestro país por su rico sabor y olor, es utilizado como condimento, por esto se ha visto sujeto a una fuerte presión antropogénica, donde se 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 (García-Federico *et al.*, 2010).

Esta forma tradicional de explotación, que consiste en cortar las ramas y en ocasiones también la planta por completo donde se cosechan indiscriminadamente desde frutos maduros hasta frutos en desarrollo inmaduros representa ingresos adicionales a la economía familiar campesina y 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).

El conocimiento de la capacidad germinativa es de gran importancia para su manejo y conservación ya que es el primer paso para iniciar un proceso de domesticación y producción (Hernández-Verdugo *et al.*, 2010). 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.

Se han realizado diversos estudios sobre la germinación de chile piquín, sin embargo, los resultados son muy variables y persisten las tasas de germinación bajas además de que no se ha llegado a resolver el tipo de latencia que presenta. Por tal motivo se propuso la utilización de genotipos que representaron la zona

noreste y sureste del país para solventar la germinación de dicha especie a través de tratamientos pre germinativos mediante pruebas fisiológicas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de tratamientos pregerminativos y la capacidad germinativa de genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la respuesta de los genotipos de chile piquín a tratamientos pregerminativos.
- Determinar el potencial físico y fisiológico de cada genotipo de la semilla de chile piquín.
- Determinar el tipo de latencia que presenta la semilla de chile piquín.

1.2. Hipótesis

- Por lo menos un tratamiento promoverá la germinación de chile piquín.
- Al menos un genotipo presentará mayor potencial físico y fisiológico de la semilla de chile piquín.
- Al menos un tipo de latencia impide la germinación de la semilla.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del chile

México es considerado como centro de origen y domesticación del género *Capsicum*, en particular de la especie *annuum* (Bran *et al.*, 2007, Medina *et al.*, 2010). Algunos arqueólogos reportan al chile como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica (Hernández *et al.*, 2004). Por otro lado, los restos de chiles más antiguos, con 7 a 9 mil años de antigüedad, se obtuvieron del estrato precerámico de las cuevas de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Puebla, las cuevas de Romero y Valenzuela, en Ocampo, Tamaulipas, junto con restos de otros cultivos (Kraft *et al.*, 2014). En la actualidad se reconocen cinco especies domesticadas del género *Capsicum*: *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*, y más de veinte silvestres (IBPGR, 1983). El género *Capsicum* está conformado por alrededor de 30 especies distribuidas desde el sur de Estados Unidos, hasta el norte de Argentina (Pickersgill, 1984).

2.2. Chile piquín

La especie *Capsicum annum* L. es dividida en dos variedades, una de frutos grandes y poblaciones cultivadas, *C. annum* var. *annuum*, y otra de frutos pequeños y de poblaciones espontaneas *C. annum* var. *aviculare* (Aguilar-Meléndez, 2004). Esta segunda es considerada como uno de los principales ancestros del chile domesticado mejor conocido como “chile piquín”, “chiltepín”, “chile de monte”, “chile silvestre (Cano-Vázquez *et al.*, 2015).

Esta especie tuvo muchos problemas para su determinación y nombramiento taxonómico. Algunas sinonimias ya en desuso son: *Capsicum hispidum* var. *gabriusculum* Dunal, *Capsicum annum* var. *minus* (Dunal) Shinnars, *Capsicum annum* subsp. *baccatum* Terpó, *Capsicum annum* var. *minimum* (Mill) Heiser

(Hernández *et al.*, 1999). D'Arcy y Eshbaugh (1973) rescatan el término *aviculare* propuesto anteriormente por Dierbach en 1829, haciendo alusión a la preferencia de las aves por esta planta. Por otro lado, Heiser y Pickersgill (1975) proponen el término *glabriusculum* para nombrar a la variedad silvestre de *C. annuum* determinando que Dierbach no fue claro en su clasificación del género *Capsicum* y que en *aviculare* englobó varias especies silvestres de este género. Actualmente los términos *glabriusculum* y *aviculare* son usados casi indistintamente como sinónimos, encontrándose en aproximadamente igual proporción en la literatura.

El chile piquín crece bajo sombra de árboles y arbustos (Pozo *et al.*, 1991) y representa un recurso natural y una cultura típica del noreste de México. Tiene una gran demanda tanto en el mercado nacional como internacional por su picante y sabor, valores medicinales, pero es costoso (Maiti *et al.*, 2015).

2.3. Distribución geográfica del chile piquín

El chile piquín produce pequeñas bayas redondas mantenidas erectas sobre pedicelos largos, lo que fomenta el consumo de aves. Las semillas del chile piquín pasan ilesas por el tracto digestivo de estas aves y, por lo tanto, se dispersan a nuevos microhábitats, las cuales defecan bajo los arbustos y árboles que prefieren como percha y donde mejor sobreviven, por lo cual se encuentran en ciertas áreas y bajo ciertas nodrizas (Tewksbury *et al.* 1999; Araiza *et al.*, 2011).

Esta especie presenta un rango de distribución que se extiende desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001; Votava *et al.*, 2002). En México se extiende desde la costa de Sonora a Chiapas por el Pacífico, de Tamaulipas a Yucatán y Quintana Roo por el Golfo de México y Mar Caribe. Está representada por diferentes variedades, encontrándose en ambientes semidesérticos y tropicales, (García *et al.*, 2004).

El chile piquín se encuentra principalmente en sitios no perturbados de la selva baja caducifolia, pero es posible encontrarlas a orillas de los caminos, huertos, potreros y bajo la vegetación remanente de los campos de cultivo (Hernández *et al.*, 1999). Se establece normalmente bajo árboles que le dan sombra principalmente con especies de las familias Fabaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae (Medina *et al.*, 2005). En Oaxaca se ha encontrado de 0 a 1800 msnm y en estados como Coahuila y Querétaro se encontró arriba de 1000 msnm (López y Castro, 2005; Hernández, 1999). En el noroeste de México, esta especie florece en los meses de julio y agosto, y sus frutos maduran en octubre y noviembre.

2.4. Descripción botánica del chile piquín

Hábito y forma de vida: Perene y herbáceo. Tamaño: Hasta 4 m de alto. Tallo: Erecto o trepador, ramificado. Hojas: Solitarias o en pares en cada nudo, alternas, ovadas, de hasta 10 cm de largo, aunque generalmente más cortas, con pelillos. Inflorescencia: Las flores solitarias, raramente en pares. Los pedicelos más largos que las flores, curvados hacia el ápice. Flores: El cáliz acampanado y terminado en cinco dientes; la corola blanca o verdosa, a veces amarillenta o violeta, de cinco pétalos, algo triangulares, unidos en la base formando un tubo corto y acampanado; estambres de cinco, anteras grandes, generalmente azuladas y levemente unidas entre sí. Frutos y semillas: El fruto es de color, forma y tamaño muy variable, carnoso o seco, hueco en el centro, generalmente pungente. Semillas numerosas, circulares, aplanadas, amarillentas. Características especiales: El fruto es muy pungente (D'Arcy y Esbaugh, 1974, Fitochapingo, 2016).

2.5. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Ramírez (1989) la clasificación taxonómica del chile piquín es la siguiente:

- División Angiospermae

- Clase Dicotiledónea
 - Subclase Metachlamydeae
 - Orden Tubiflorae
 - Familia Solanácea
 - Género *Capsicum*
 - Especie ssp
 - Var.bot. *aviculare* Hierb

2.6. Importancia del chile piquín

Su importancia radica en ser base económica temporal de familias que viven en ambientes rurales (Rodríguez-del Bosque(a) *et al.*, 2003). Aunque también se le han otorgado algunos beneficios en la cosmetología e incluso se ha utilizado como componente de algunos insecticidas agrícolas (Rodríguez-del Bosque(b), 2003).

Rodríguez-del Bosque *et al.* (2004), mencionan que el chile piquín está asociado en gran medida a la comida típica en muchas regiones del país, sobre todo en el Norte y Noreste de México donde existe mayor preferencia en cuanto al consumo de chile piquín en comparación con las especies como el jalapeño, serrano, habanero, árbol, chipotle, cambray, japonés, cascabel, guajillo, morrón, puya, poblano y chilaca, es parte insustituible de comidas ceremoniales, rituales y fiestas especiales, como en el caso de los wixaritaris o huicholes (Medina, 2000).

Se le ha dado un uso medicinal, en el sistema digestivo actúa contra la dispepsia, y es usado entre otras cosas para el dolor de muelas, dolor de oídos, dolor crónico musculoesquelético ya que la capsaicina actúa como rubefaciente al activar la circulación de la sangre (Rodríguez-Alcalá, 2013). Hay fármacos a partir de las oleorresinas de *Capsicum* que actúan en las mucosas y alivian malestares en vías respiratorias (Long, 1998).

El chiltepín también es considerado un recurso genético importante que constituye un acervo de genes primario, lo cual puede ayudar a resolver problemas de la agricultura actual, tales como tolerancia o resistencia a plagas y enfermedades, y aumentar la calidad y cantidad de la producción (Hernández *et al.*, 1999; Votava *et al.*, 2002).

2.7. Germinación en chile piquín

Uno de los principales factores que limitan la explotación comercial de piquín es la dificultad para hacer germinar la semilla. Aparentemente en poblaciones silvestres el tracto digestivo de las aves que consumen los frutos, favorece la germinación al escarificar la semilla (Ramírez-Meraz *et al.*, 2003).

Rodríguez-del Bosque *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.

La tasa de germinación y el desarrollo de la plántula en el campo son indicadores de desempeño agronómico. En el campo hay numerosos factores ambientales poco favorables que influyen directamente sobre la germinación. Se han reportado bajas tasas de germinación en semillas de chile piquín, lo que se le ha atribuido a la impermeabilidad y dureza de la cubierta seminal y a una latencia profunda del embrión (Bañuelos *et al.*, 2008; Araiza *et al.*, 2011).

El bajo porcentaje de germinación en la semilla de chile piquín, se atribuye a latencia física o fisiológica, ocasionada por la impermeabilidad de su testa o cubierta, inmadurez de la semilla o reposo del embrión (Besnier, 1989; Ramírez, 2001; Rodríguez-del Bosque (a) *et al.*, 2003).

2.8. Producción del chile piquín

La mayor parte de la producción de esta especie que se comercializa depende únicamente de la extracción de colectas silvestres después del período de lluvias (Medina *et al.*, 2002), siendo este, uno de los principales factores que afecta a esta especie ya que no existe un control que indique cuanto es la cantidad de chile que se debe de colectar poniendo en peligro su extinción de esta especie, debido a su colecta desmedida (Bañuelos *et al.*, 2008; Rodríguez-del Bosque *et al.*, 2004).

El aprovechamiento comercial de chile piquín se ha explorado bajo diversos criterios agronómicos con poco éxito, debido a la variación fenotípica y genotípica, lo que reduce el establecimiento ecológico y cultivo de la planta (Ramírez-Meraz *et al.*, 2003; Rodríguez-del Bosque (b) *et al.*, 2003).

Se han realizado esfuerzos por promover la siembra de esta especie para obtener mejores rendimientos y calidad de fruto, pero la baja tasa de germinación de sus semillas ha dificultado su domesticación (Hernández-Verdugo *et al.*, 2010; Medina-Martínez *et al.*, 2002; Medina-Martínez *et al.*, 2010).

La producción de chile piquín en México se ha estimado en ~50 toneladas por año, teniendo una gran importancia para los agricultores de subsistencia de las regiones centro y norte del país (Votava *et al.*, 2002; Almaza *et al.*, 2001).

2.9. Semilla

La semilla se forma a partir del rudimento seminal, localizado en el ovario de las flores, tras producirse la fecundación por los granos de polen. Esta consta de tres partes: Embrión: la parte que crecerá para formar la nueva planta (plántula). Endospermo: la sustancia nutritiva utilizada por la plántula para crecer, hasta desarrollar una hoja verde. En ausencia de endospermo, por ejemplo, en las leguminosas, la reserva de nutrientes se halla en los cotiledones, los cuales

forman parte del embrión, el endospermo está rodeado por la capa de aleurona. Envolturas: las envolturas protegen a la plántula y pueden ayudar a su rápido desarrollo. En cereales están adheridas al pericarpio del fruto (Megías *et al.*, 2018).

La semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio de generación tras generación. También son el punto de partida para la producción ya que, desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad (Doria, 2010).

2.10. Germinación

La germinación de las plantas es un proceso complejo que comienza con la imbibición, en la que los distintos tejidos que conforman la semilla absorben grandes cantidades de agua, seguida de una disminución e incremento del nivel de ácido abscísico y giberélico, respectivamente (Nonogaki *et al.* 2010). La semilla germinará cuando el conjunto adecuado de condiciones ambientales se encuentre dentro de su rango de requisitos para la emergencia de la radícula.

2.10.1. Factores que afectan la germinación

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es de vital importancia para el hombre, ya que la mayoría de las especies cultivadas son propagadas a partir de semillas sexuales (Ruiz-Ortega y Zapata-Mira, 2017).

2.11. Latencia

Una semilla latente es aquella que no tiene la capacidad de germinar en un período de tiempo específico bajo ninguna combinación de factores ambientales físicos normales (temperatura, luz / oscuridad, etc.) que de otra manera son favorables para su germinación (Baskin y Baskin, 2004; Nee *et al.*, 2017). Esta influye en la sucesión generacional y es una característica adaptativa que optimiza la distribución de la germinación en el tiempo y permite la supervivencia de las plantas en condiciones ambientales desfavorables (Koornneff *et al.* 2002, Finkelstein *et al.*, 2008; Arc *et al.*, 2013; Nonogaki, 2014).

Entre las principales causas de latencia se señalan: la impermeabilidad de la cubierta seminal al agua y a los gases, la inmadurez fisiológica del embrión, embriones rudimentarios o incompletamente desarrollados, la resistencia mecánica de la testa y la presencia de inhibidores en el pericarpio o en la semilla (Bewley *et al.*, 2013).

Se dice que una semilla latente recién madurada tiene latencia primaria, que se desarrolla durante la maduración de la semilla en la planta madre (Hilhorst *et al.*, 1998). Una semilla no latente, por otro lado, es una que tiene la capacidad de germinar en el más amplio rango de factores ambientales físicos normales (temperatura, luz / oscuridad, etc.) posibles para el genotipo.

2.11.1. Tipos de latencia

Se han publicado varios esquemas para clasificar la latencia de las semillas, pero el más completo es el Esquema de Nikolaeva (1977) ligeramente modificado por Baskin y Baskin (2004) (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Clasificación para la latencia de semillas.

Clase	Tipo
A	Latencia Fisiológica
B	Latencia morfológica
C	Latencia morfofisiológica
D	Latencia física
E	Combinación de latencia física y fisiológica

Latencia fisiológica: Es la forma más abundante y se encuentra en semillas de gimnospermas, este tipo de latencia impide el crecimiento del embrión a través de inhibidores químicos (Footitt y Finch-Savage, 2017).

Latencia morfológica: En este tipo de latencia, el embrión es pequeño (subdesarrollado) y diferenciado, es decir, el cotiledón y el hipocótilo-radícula pueden distinguirse (Baskin y Baskin, 1998). Los embriones simplemente necesitan tiempo para crecer a tamaño completo y luego germinar.

Latencia morfofisiológica: Las semillas con este tipo de latencia tienen un embrión subdesarrollado con un componente fisiológico de latencia, por lo tanto, para germinar requieren un tratamiento previo que rompe la latencia.

Latencia física: La latencia física es provocada por una o más capas impermeables al agua de células en empalizada en la cubierta de la semilla o fruta (Baskin *et al.*, 2000).

Combinación de latencia física y fisiológica: El revestimiento de la semilla (o fruto) es impermeable al agua y, además, el embrión está fisiológicamente inactivo.

2.11.2. Mecanismos para romper latencia

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos métodos para romper latencia de las semillas. Los métodos más comunes son los siguientes:

Para solventar este problema se reportan diferentes técnicas, entre ellas, la escarificación química y física, también se ha utilizado el acondicionamiento de la semilla previo a la siembra con ácido giberélico, nitrato de potasio, peróxido de hidrógeno (Rodríguez-del Bosque (b) *et al*, 2003; De la Rosa *et al.*, 2012; Cano-Vázquez *et al.*, 2015).

Estratificación: se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor (Donoso, 1993; Mark *et al.*, 2012).

Escarificación: la semilla no germina debido a que la testa o cubierta seminal es dura e impide la entrada de agua (latencia física). Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases (Varela y Arana, 2011; Bañuelos *et al.*, 2008).

Esta puede subdividirse en dos:

Mecánica: Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas.

Química: La escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos breves de 15 a 120 minutos, en compuestos químicos.

Lixiviación: Las semillas son remojadas en agua corriente para remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta (Hartmann y Kester, 1988).

Métodos biológicos: En la naturaleza, los animales y microorganismos son un factor importante a la hora de romper la impermeabilidad de la cubierta seminal, esto sucede al momento de ingerir las semillas.

Calor seco y fuego: En los trópicos que son estacionalmente húmedos y secos, el fuego es un poderoso factor natural para eliminar la latencia de la cubierta. Un fuego fuerte mata las semillas, pero un fuego entre leve y moderado, como los que se asocian con la combustión temprana controlada, reduce la impermeabilidad de la cubierta y estimula la germinación. El fuego se ha utilizado en varios países para estimular la germinación (Laurie, 1974).

Tratamiento de luz: Algunas semillas no germinan en la oscuridad, por lo que proporciona una exposición continua o periódica de la luz que es esencial, por ejemplo, la lechuga (*Lactuca Sativa*) requiere luz roja (660nm) o la luz blanca es esencial para que ocurra la germinación.

Combinación de tratamientos: Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de latencia.

Hormonas y otros estimulantes químicos: Existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: el peróxido de hidrógeno (H₂O₂; Flores *et al.*, 2008), nitrato de potasio (KNO₃; Jarma *et al.*, 2007; García-Federico *et al.*, 2010), ácido giberélico (AG₃; Araiza *et al.*, 2011) y citoquininas, entre otros (Varela y Arana, 2011). También se han utilizado productos a base de hormonas como el Agromil-V[®]. Bioestimulante proveniente de extractos vegetales, que favorece el desarrollo armónico vegetativo y reproductivo de los cultivos (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Composición y formulación del Agromil-V®.

Fitohormonas y vitaminas biológicamente activas	Concentración	% en peso
Citocininas	81.90 ppm	
Riboflavina	0.86 ppb	
Giberelinas	31.00 ppm	
Nicotinamida	0.16 ppb	
Auxinas	30.50 ppm	77.8
Colina	748.81 ppb	
Ácido Fólico	0.92 ppb	
Niacina	84.56 ppb	
Ácido Pantoténico	12.53 ppb	
Tiamina	100.11 ppb	
Diluyentes y acondicionadores		22.2

ppm: Partes por Millón, ppb: Partes por billón.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en el laboratorio de ensayos de semillas M. Sc. Leticia A. Bustamante García, del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Ubicado en Buenavista Saltillo, Coahuila punto localizado en las coordenadas 25°21'18.85" N y 101°01'58.98" O y latitud de 1780 msnm.

3.2. Material vegetal utilizado

Se utilizaron cinco genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos de México, los cuales fueron proporcionados por el M.C. Moisés Ramírez Meraz del Campo Experimental de las Huastecas de Tampico, Tamaulipas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En el Cuadro 3.1 se muestran los orígenes del material genético utilizado.

Cuadro 3.1 Identificación y origen geográfico de cinco genotipos de chile piquín.

Identificación	Municipio	Estado	Grupo
G1	Aramberri	N.L.	Piquín
G2	San Carlos	Tam.	Piquín
G3	Ixhuatlán de Madero	Ver.	Piquín Huasteco
G4	Linares	N.L.	Piquín
G5	Rioverde	S.L.P.	Piquín

3.3. Tratamientos

Para promover la germinación de los genotipos de chile piquín se utilizaron 11 tratamientos pregerminativos de los cuales tres son usados para romper latencia física de la semilla (ácido clorhídrico, escarificación mecánica y agua caliente), cuatro para latencia fisiológica (agua oxigenada, ácido giberélico, agromil-V y Nitrato de Potasio) además de la combinación de tratamientos con el ácido giberélico, de los cuales se presenta su relación en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Tratamientos utilizados para promover la germinación de la semilla de cinco genotipos de chile piquín.

Tratamiento	Abreviación	Concentración	Tiempo
Agua oxigenada	aox	3%	24 hrs
Ác. Giberélico	agi	5000 ppm	24 hrs
Agromil-V	agr	2% v/v	24 hrs
Ác. Clorhídrico	hcl	10%	30 min
Nitrato de potasio	kno	3%	168 hrs
Escarificación Mecánica	mec	Lijar suavemente con papel de lija de grano 1500	30 s
Agua caliente	aca	83°C dejando enfriar naturalmente	24 hrs
Agua caliente + Ácido Gibérelco	acagi		24 hrs/trat
Agua oxigenada + Ácido Gibérelco	aoxagi		24 hrs/trat
Ácido Clorhídrico + Ácido Giberélico	hclagi		1 ^{er} trat. 30 min y 2 ^{do} trat. 24 hrs
Escarificación+Ácido Giberélico	mecagi	1 ^{er} trat lijarse suavemente	2 ^{do} trat. 24 hrs

Testigo	test	Siembra directa
---------	------	-----------------

hrs: Horas, min: Minutos, s: Segundos, trat: Tratamiento.

3.4. Metodología

Para las pruebas físicas se extrajo la semilla de frutos maduros y secos los cuales se habían cosechado anteriormente, esto consistió en utilizar solo aquellas semillas sanas, que no presentaron algún daño mecánico o del embrión.

Para las pruebas fisiológicas se limpiaron las cajas Petri lavándolas con jabón comercial, después se enjuagaron, posteriormente se desinfectaron con cloro al 3% y se volvieron a enjuagar para eliminar residuos de cloro, después se dejaron secar por 24 horas. Posteriormente se recortó papel filtro de forma circular a la medida de las cajas de Petri 100 mm x 15 mm.

La semilla de los genotipos de Chile piquín se desinfectó con cloro al 1% por un tiempo de 30 segundos, al pasar este lapso se enjuagó con agua corriente y después con agua destilada. Se extendió sobre papel absorbente y se dejó secar por 15 minutos. Después se aplicó el tratamiento pregerminativo correspondiente de acuerdo al Cuadro 3.2.

A las cajas de Petri ya limpiadas se les introdujo el círculo de papel filtro, el cual se humedeció con una solución de agua con fungicida.

Las semillas se sembraron en las cajas Petri distribuyéndolas en forma circular, un círculo pequeño y uno más grande, para que al momento de la germinación se facilitara el conteo de las semillas germinadas, esto se realizó con pinzas previamente desinfectadas. Posteriormente las cajas se introdujeron a la cámara de germinación LAB - LINE a 25°C., con 12 horas luz y 12 horas oscuridad por 30 días.

Para la evaluación fisiológica de la semilla se inspeccionó desde el momento en que se introdujeron las cajas Petri a la cámara de germinación, debido a la respuesta que se tendría al utilizarse diferentes genotipos y tratamientos.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Variables físicas

Peso de 1000 semillas

Para esta variable se tomaron ocho repeticiones de 100 semillas al azar, las cuales se pesaron con una balanza OHAUS Explorer® Pro, modelo EP613 y se obtuvo el promedio para luego calcular el peso de mil semillas (ISTA, 2003). Los resultados se expresaron en gramos (g).

Peso volumétrico

Un recipiente con capacidad de 2.5 ml, se llenó con semilla y esta se pesó en una balanza OHAUS Explorer® Pro, modelo EP613 para luego hacer la conversión a las unidades correspondientes de kilogramo por hectolitro (Kg/Hl).

3.5.2. Variables Fisiológicas

Porcentaje de Germinación

Se considera como la relación entre el número de plántulas normales y el número de semillas sembradas. $PG = (NSG/NTS) * 100$, donde PG es el porcentaje de germinación, NSG es el número de semillas germinadas y NTS como el número total de semillas sembradas (García *et al.*, 2010).

Índice de germinación

Es el tiempo de germinación en relación a la capacidad germinativa, para calcularlo se aplicó la siguiente fórmula: $IG = \frac{\sum(t_i N_i)}{NTS}$, donde t_i es el i-ésimo número de días después de la siembra y N_i es el i-ésimo número de semillas germinadas (Islam *et al.*, 2012).

Velocidad de germinación

Es la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación: $VG = \frac{\sum(n_i)}{t}$, donde n_i = número de semillas germinadas en el día i y t tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla. Los resultados se expresaron en semillas germinadas por día (Enríquez-Peña *et al.*, 2004).

Plantas normales

Se contaron aquellas plantas que contaban con todas sus estructuras esenciales de la semilla y que se manifestaron de manera fisiológica adecuadas y de buen desarrollo. Los resultados se expresaron en por ciento.

Semilla muerta

Se contabilizaron aquellas semillas que son blandas, absorbieron agua pero que no producen ninguna plántula. Los resultados se expresaron en por ciento.

Semilla dura

Se contaron aquellas semillas que permanecen impermeables al agua al final del periodo del análisis, debido a que no absorbieron agua. Los resultados se expresaron en por ciento.

Longitud de plúmula y raíz

Se midió al inicio del coleóptilo hasta el final de la plúmula con una regla graduada. Los resultados se expresaron en milímetros (mm).

Longitud de raíz

Se midió el inicio del coleóptilo hasta el final de la radícula con una regla graduada. Los resultados se expresaron en milímetros (mm).

Peso seco de plántula

Las plántulas se introdujeron en bolsas de papel estraza y se colocaron en una estufa a 65°C por 24 horas, posteriormente se metieron en un desecador por 15 minutos y se pesaron en una balanza. Los datos se expresaron en miligramos (mg) por plántula.

3.6. Diseño experimental

Para las variables físicas: peso de 1000 semillas y peso volumétrico se utilizó un diseño completamente al azar, en el primer caso con ocho repeticiones de 100 semillas y en el segundo caso con cuatro repeticiones.

Para las variables fisiológicas: se utilizó un diseño de parcelas divididas con arreglo completamente al azar, utilizando como parcela grande los tratamientos y como parcela chica los genotipos con tres repeticiones, 20 semillas por repetición.

Modelos de los diseños experimentales: 1) Completamente al azar y 2) Completamente al azar con arreglo de parcelas divididas.

$$1. Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$

$j = 1, 2, \dots, r$

$t =$ número de tratamientos

$r =$ número de repeticiones

Y_{ij} = es la j -ésima repetición correspondiente al i -ésimo tratamiento

$\mu =$ media general

$t_i =$ efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = el ij -ésimo error experimental

$$2. Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk – ésima unidad experimental

$\mu =$ Media general

$\alpha_i =$ Efecto del i – ésimo nivel del factor A

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i – ésimo nivel del factor A con el j – ésimo bloque que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por $\text{error}_{(a)}$

$\rho_k =$ Efecto del k – ésimo nivel del factor B

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i - ésimo nivel del factor A con el k – ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como $\text{Error}_{(b)}$

3.7. Análisis estadísticos

Para mejorar la normalidad de los datos en las variables que se expresaron en porcentaje se transformaron en sus valores de raíz cuadrada. Posteriormente se

realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño utilizado. En los casos donde las fuentes de variación mostraron significancia se realizó una comparación de medias de Tukey, se efectuaron gráficos de interacción, grafico de correlación de las variables y dendrograma de los genotipos. Se utilizó el software R versión 3.5.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pruebas físicas

El análisis de varianza mostró diferencias significativas tanto para peso volumétrico como para peso de 100 semillas en las fuentes de variación de genotipos, lo cual puede deberse a su variabilidad genética. También se puede mencionar que el modelo explica en gran medida al experimento y este es confiable (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de las pruebas físicas de cinco genotipos de chile piquín.

FV	GL	PV		GL	PCS	
Gen	4	65.252	**	4	0.019	**
Error	15	3.043		35	0.000	
Media		35.860			0.198	
R ²		85.116			96.300	
CV		4.864			4.563	

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad ≤ 0.05 y 0.01 , FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, Gen= Genotipos, R²= Coeficiente de determinación, CV= Coeficiente de variación, PV= Peso Volumétrico, PCS= Peso de 100 semillas.

De acuerdo a los resultados de la comparación de medias para las pruebas físicas, se pudieron formar tres grupos para el peso volumétrico y cuatro grupos para peso de cien semillas. Para ambas variables el genotipo G5 presentó los valores más altos (42.3 Kg/Hl y 0.262 g), por otro lado, el menor valor para la primera variable lo presentó el genotipo G1 y G3 (32.8 y 32.2 Kg/Hl), pero para la segunda variable solo el genotipo G1 tuvo esta condición con 0.144 g (Cuadro 4.2). Estos valores son un indicativo de la calidad física que representa la apariencia de la semilla (Castañeda-Saucedo *et al.*, 2009). Como menciona

Cochran (1974) respecto a la evaluación física, 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.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) para las variables de pruebas físicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín.

Gen	PV	PCS	PMS
G1	32.80 c	0.144±0.00 d	1.439
G2	35.30 bc	0.234±0.01 b	2.339
G3	32.20 c	0.171±0.01 c	1.710
G4	36.70 b	0.181±0.01 c	1.808
G5	42.30 a	0.262±0.01 a	2.616

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, GEN =Genotipo, PV=Peso Volumétrico, PCS= Peso de 100 Semillas, PMS= Peso de Mil Semillas, ± Desviación Estándar.

4.2. Pruebas fisiológicas

De acuerdo al análisis de varianza para pruebas fisiológicas se detectaron diferencias significativas tanto en la fuente Tratamientos y Genotipos como en su interacción Tratamiento por Genotipo esto fue para las variables Velocidad de Germinación (VG), Índice de Germinación (IG), Porcentaje de Germinación (PG), Porcentaje de Plantas Anormales (PPAN), Porcentaje de Semilla Muerta (PSM) y Porcentaje de Semilla Dura (PSD). Esto pudo deberse a la diferente constitución genética y al efecto particular de los tratamientos (Cuadro 4.3). La variación de los mecanismos que regula la capacidad de germinación entre y dentro de las especies o poblaciones, se interpreta como una adaptación a las condiciones específicas del hábitat a escalas locales y regionales (Meyer *et al.*, 1997).

Cuadro 4.3 Cuadrados medios del análisis de varianza de las pruebas fisiológicas de cinco genotipos de Chile piquín.

FV	DF	VG	IG	PG	PPAN	PSM	PSD
Trat	11	0.676 **	5.177 **	0.074 **	0.036 **	0.023 **	0.086 **
Error a	24	0.004	0.091	0.002	0.002	0.003	0.002
Gen	4	0.296 **	6.899 **	0.056 **	0.020 **	0.075 **	0.014 **
Trat*Gen	44	0.027 **	0.473 **	0.006 **	0.004 **	0.007 **	0.007 **
Error b	96	0.005	0.121	0.002	0.002	0.002	0.003
CV(a)		5.165	15.520	4.333	3.819	4.349	4.072
CV(b)		5.853	17.953	4.663	3.992	3.985	4.492

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad ≤ 0.05 y 0.01 , FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad, VG= Velocidad de Germinación, IG= Índice de Germinación, PG= Porcentaje de Germinación, PPAN= Porcentaje de Plantas Anormales, PSM= Porcentaje de Semilla Muerta, PSD= Porcentaje de Semilla Dura, Trat= Tratamientos, Gen= Genotipos, CV= Coeficiente de Variación.

Las diferencias anteriormente mencionadas se pueden observar en base a las agrupaciones de la comparación de medias de Tukey en el cuadro 4.4, donde en forma general los tratamientos de ácido giberélico y escarificación mecánica combinado con el ácido giberélico mostraron tener efectos positivos en la semilla de Chile piquín al tener los valores más altos en las variables deseables (VG, IG y PG) y los más bajos en las indeseables (PSM y PSD). Para el segundo tratamiento (escarificación mecánica) se pudo observar que influyó en mayor medida el ácido giberélico, ya que por sí sola la escarificación mecánica tiene un impacto negativo al no mostrar resultados favorables. Esto coincide con García *et al.* (2010) quienes mencionan que al aplicar el ácido giberélico a la semilla previo a la siembra se obtiene una buena germinación. Por otro lado, Hartmann *et al.* (2001) indican que las giberelinas aumentan el porcentaje de germinación en algunas especies forestales.

Los tratamientos agua caliente y su combinación con ácido giberélico afectaron el proceso de germinación al haber presentado solo semillas muertas y duras coincidiendo con García *et al.* (2010) quienes al emplear agua caliente observaron una reducción en la germinación de 50% en promedio.

El producto Agromil-V aunque tiene una serie de hormonas que pueden estimular el desarrollo de las plantas no es suficiente para tener un impacto en la germinación de la semilla, sin embargo redujo en un 14.4% la semilla muerta. Estos resultados difieren en comparación con lo reportado por González-Cortés *et al.* (2015) quienes utilizaron un producto llamado Biozime producto similar al Agromil-V y encontraron un efecto positivo en el porcentaje de geminación de chile piquín del sureste mexicano de hasta 86.6%.

La semilla, al aplicarle HCl presentó 17.9% más velocidad de germinación en comparación con el testigo, aunque se puede decir que manifestó toxicidad al haber presentado 77% más de plantas anormales en contraste con el testigo.

Por otro lado, la aplicación de agua oxigenada así como el nitrato de potasio promueven el incremento de semilla dura y afectan los valores de las variables de germinación al disminuirlas (CG, IG, PG y PPAN), lo cual difiere con García *et al.* (2010) los cuales encontraron un comportamiento similar entre el H₂O₂ y el testigo. En lo que respecta el nitrato de potasio, Prado-Urbina *et al.* (2015) observaron un incremento en el porcentaje de germinación al aplicar el KNO₃ al 3% durante seis días a temperatura ambiente.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando tratamientos pre germinativos.

Trat	VG	IG	PG	PPAN	PSM	PSD
aca	0 f	0 e	0 e	0 c	54 a	46 ab
acagi	0 f	0 e	0 e	0 c	41.67 ab	58.33 a
agi	1.48 a	5.77 ab	39.33 a	24.67 a	25.33 cd	10 c
agr	0.22 cdef	2.85 cd	8.67 de	8.33 bc	25.67 cd	57.33 a
aox	0.08 f	1.2 de	3.33 de	3.33 c	41.67 ab	51.67 ab
aoxagi	0.35 cde	3.87 bc	16.33 cd	9.33 bc	29.67 bcd	44.67 ab
hcl	0.42 c	4.4 bc	0 e	29 a	32 bcd	39 b
hclagi	1.23 b	5.81 ab	37.33 ab	19.67 ab	25.33 cd	17.67 c
kno	0.19 def	2.83 cd	9 de	6.67 c	32 bcd	52.33 ab
mec	0.14 ef	2.44 cd	7 de	4.67 c	37.33 bc	51 ab
mecagi	1.5 a	6.58 a	39 a	28.33 a	21.67 d	11 c
test	0.38 cd	5.36 ab	24 bc	6.67 c	30 bcd	39.33 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Trat= Tratamientos, VG= Velocidad de Germinación, IG= Índice de Germinación, PG= Porcentaje de Germinación, PPAN= Porcentaje de Plantas Anormales, PSM= Porcentaje de Semillas Muertas, PSD= Porcentaje de Semillas Duras.

Los genotipos se ubicaron en diferentes grupos en cada variable, donde se puede observar que el genotipo G5 originario de Rioverde, San Luis Potosí cumplió con los caracteres deseados teniendo mayor VG (46.6%), IG (57.1%), PG (54.2%) y menor PSM (53.4%) y PSD (11.1%) en comparación con los demás genotipos; ocurriendo lo contrario con el genotipo G4 originario de Linares, Nuevo León (Cuadro 4.5). Esta variabilidad pudo deberse a los orígenes diferentes de cada genotipo y por consecuencia los procesos fisiológicos diversos para la adaptación a su sitio.

Cuadro 4.5 Comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando cinco genotipos de chile piquín.

Gen	VG	IG	PG	PPAN	PSM	PSD
G1	0.59 b	3.57 b	18.19 b	11.67 b	30.83 b	39.03 ab
G2	0.5 bc	3.01 b	12.36 b	13.06 b	33.47 b	41.11 ab
G3	0.47 c	3.16 b	15.97 b	9.31 bc	38.75 ab	35.97 b
G4	0.15 d	1.05 c	3.06 c	5.14 c	44.86 a	46.94 a
G5	0.8 a	6.35 a	27.08 a	19.44 a	17.22 c	36.25 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Gen= Genotipos, VG= Velocidad de Germinación, IG= Índice de Germinación, PG= Porcentaje de Germinación, PPAN= Porcentaje de Plantas Anormales, PSM= Porcentaje de Semillas Muertas, PSD= Porcentaje de Semillas Duras.

En los que respecta la interacción para la variable velocidad de germinación, los genotipos mostraron un incremento al aplicarles el ácido giberélico, Ácido clorhídrico combinado con el ácido giberélico y la escarificación mecánica combinada también con el ácido giberélico. Por otro lado, la aplicación de agua caliente, agua caliente más ácido giberélico, peróxido de hidrógeno, nitrato de potasio y escarificación mecánica presentaron valores por debajo del testigo. También se pudo observar que el genotipo G5 tiene los más altos valores en la mayoría de los tratamientos. De manera más específica los genotipos G2, G4 y G5 con ácido giberélico incrementaron sus valores en esta variable. Los genotipos G1 y G3 requirieron previo a la aplicación del ácido giberélico, una escarificación mecánica (Figura 1). Esto coincidió con Derakhshan y Gherekhloo (2014) quienes investigaron algunos aspectos ecológicos de la germinación y la latencia, indicando que la aplicación de ácido giberélico fue un tratamiento efectivo para romper la latencia primaria de las semillas.

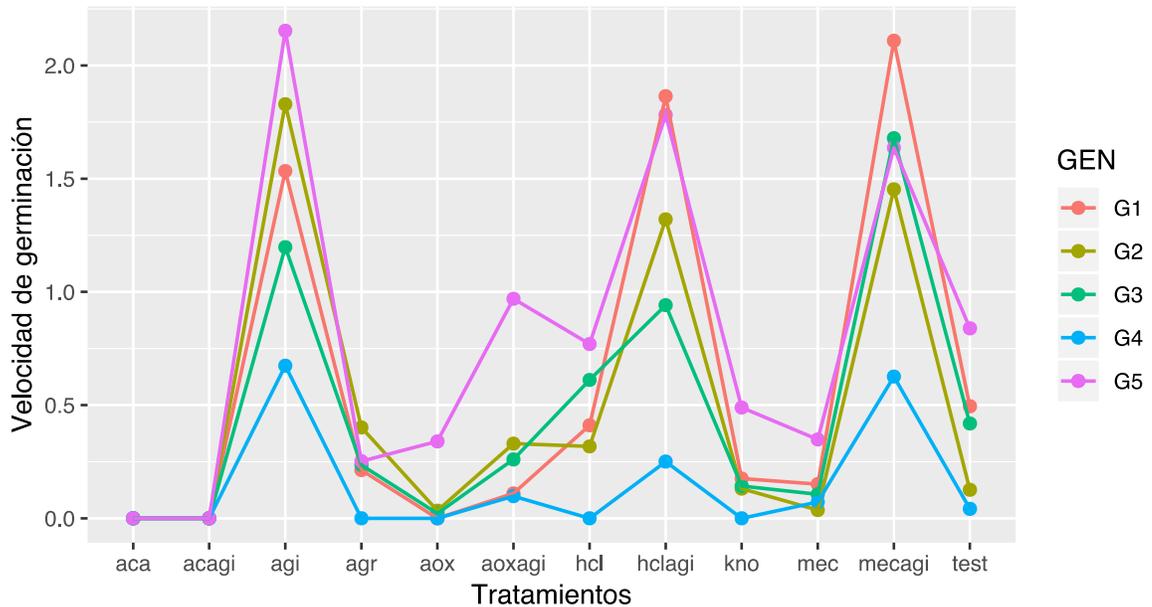


Figura 1. Medias de la variable velocidad de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

En el índice de germinación los genotipos tienden a tener una respuesta positiva al igual que como se presentó en la variable velocidad de germinación donde se observó un incremento al aplicarse el ácido giberélico, ácido clorhídrico con ácido giberélico y escarificación mecánica más ácido giberélico ocurriendo lo contrario con la aplicación de agua caliente, su combinación con ácido giberélico y agua oxigenada. Los genotipos G1, G2 y G3 alcanzaron los valores más altos al aplicarles la escarificación mecánica más ácido giberélico. El genotipo G4 presentó un comportamiento limitado al ser el que tuvo bajos valores, aunque con la aplicación de ácido giberélico se pudo elevar un poco estos valores. El genotipo G5 en general tuvo un buen comportamiento a lo largo de todos los tratamientos y en específico sin la aplicación de tratamientos presentó el mayor valor (Figura 2). Lo cual coincide con Zare *et al.*, (2011) quienes mencionan que la combinación de escarificación (papel lija) y ácido giberélico aumentaron el porcentaje de germinación de las semillas.

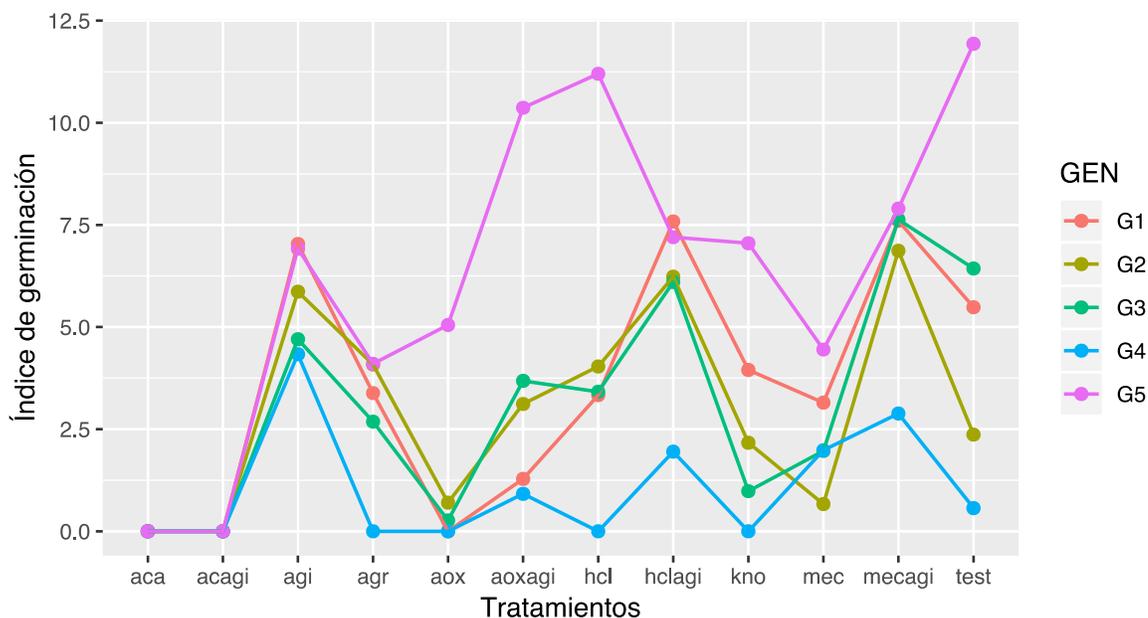


Figura 2. Medias de la variable índice de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

Para el porcentaje de germinación los genotipos tendieron a comportarse bien bajo las condiciones de “agi”, “aoxagi”, “hclagi”, “mecagi”. Teniendo el genotipo G5 como el que presentó un mejor comportamiento en cada uno de los tratamientos y por el contrario el genotipo G4 no mostró superioridad bajo ningún tratamiento. De manera particular los genotipos G1 y G3 presentaron su mayor valor al aplicarles escarificación mecánica en combinación con el ácido giberélico, los genotipos G2 y G4 requirieron solo de la aplicación del ácido giberélico. El genotipo G5 pudo presentar los más altos valores sin la aplicación de ningún tratamiento (Figura 3). En la mayoría de los casos el ácido giberélico podría liberar esta latencia de la cubierta aumentando el potencial de crecimiento del embrión y/o reduciendo la restricción mecánica. El ácido giberélico aumenta el potencial de crecimiento del embrión y causando el debilitamiento del endospermo logrado a través de mecanismos independientes del ABA e inhibidores del ABA (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).

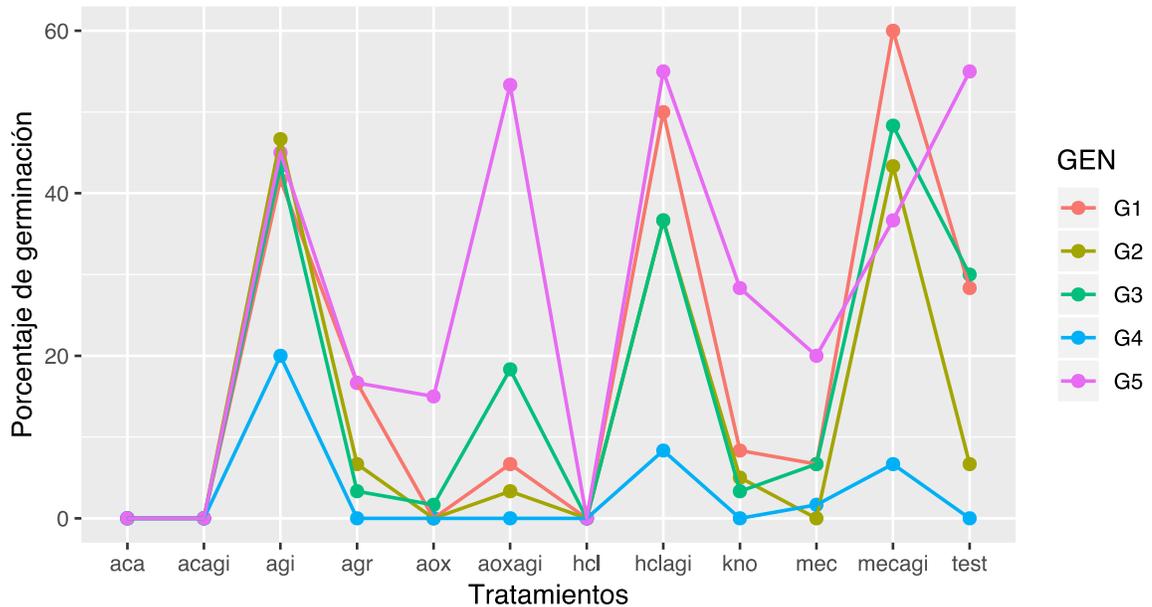


Figura 3. Medias de la variable porcentaje de germinación utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

En el caso de la variable de porcentaje de plantas anormales los tratamientos “aca”, “acagi”, “aox” y mec propician la reducción de los valores de esta variable. Por otro lado “agi”, “hcl” y “mecagi” incrementan los valores en la mayoría de los genotipos. El genotipo G4 en general es superior a los demás genotipos en la mayoría de los tratamientos ya que presentó menos plantas anormales, ocurriendo lo contrario con el genotipo G5. De manera individual los genotipos G1, G2 y G3 presentaron los valores más bajos con los tratamientos “aca”, “acagi”, “aox”. El genotipo G4 se comportó de la misma forma al aplicarle además de los tratamientos mencionados “agr”, “hcl” y “kno”. Y el genotipo G5 presentó los porcentajes más bajos solo al emplear “aca” y “acagi” (Figura 4). Al igual que el agua caliente tiene resultados positivos en esta variable también afecta a la germinación lo que coincide con Doll *et al.* (2013) quienes al aplicar agua caliente disminuyó significativamente la capacidad germinativa. Por otro lado, Félix-Herrán *et al.* (2013) mencionan que el ácido clorhídrico no indujo la germinación en semilla de chile piquín.

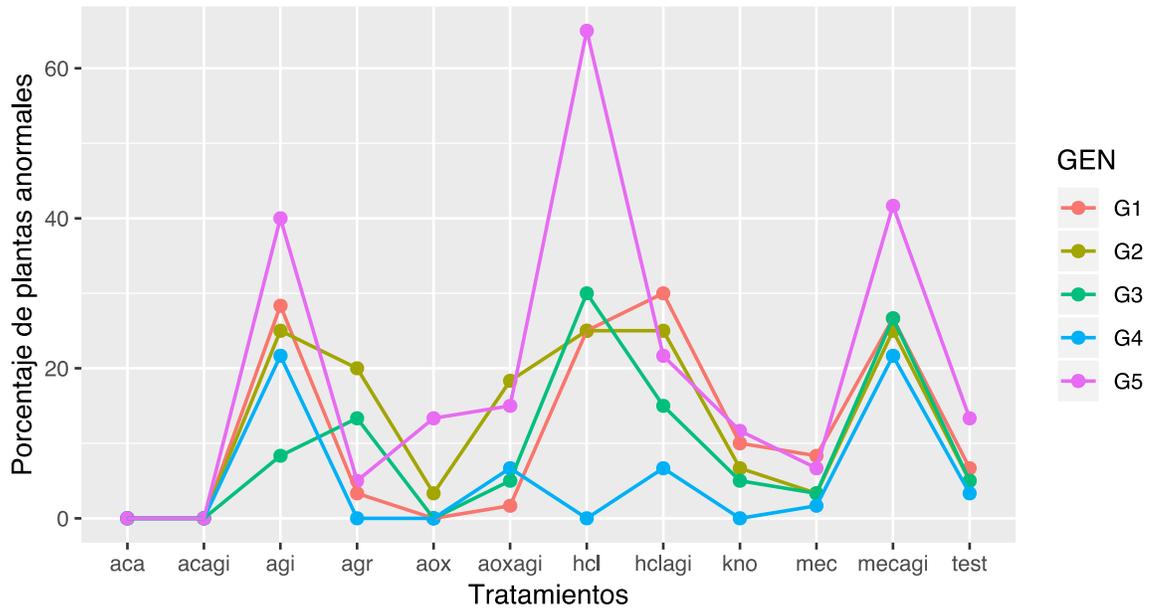


Figura 4. Medias de la variable porcentaje de plantas anormales utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de Chile piquín.

El porcentaje de semilla muerta presentó mayor variación donde parece no haber una tendencia hacia algún tratamiento para la disminución de esta variable, sino que cada tratamiento actuó de manera específica sobre cada genotipo. Los genotipos G1 y G5 presentaron menor porcentaje al haberle aplicado la escarificación mecánica más el ácido giberélico. Por su lado el genotipo G2 tuvo la misma condición con el ácido giberélico. Para el genotipo G4 los menores valores se obtuvieron con el empleo del producto Agromil-V. El genotipo G5 no requirió de la aplicación de tratamientos ya que por sí solo obtuvo el menor porcentaje de semilla muerta cabe destacar que tuvo el mejor comportamiento en la mayoría de tratamientos (Figura 5). Se puede decir que la aplicación de ácido giberélico no tuvo un efecto adverso al embrión sino al contrario, como menciona Chen y Bradford (2000), el AG₃ es una fitohormona que activa proteínas que degradan el endospermo de la semilla, lo que permite la movilización de reservas del endospermo al embrión. De acuerdo con Richards *et al.* (2001), el AG₃ actúa directamente sobre genes que limitan la germinación.

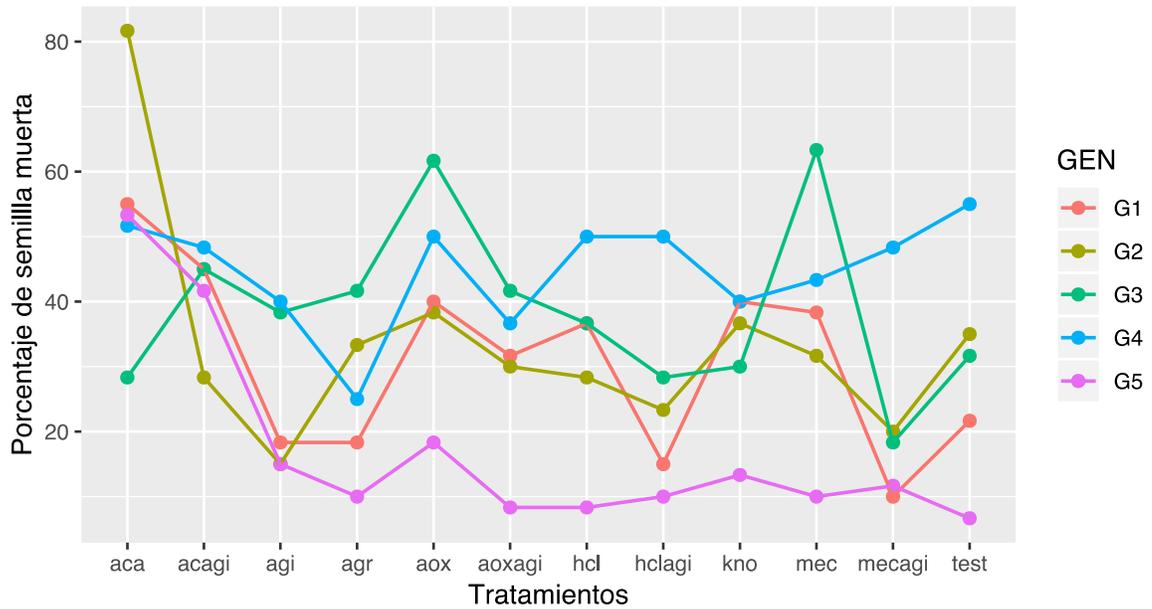


Figura 5. Medias de la variable porcentaje de semilla muerta utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de Chile piquín.

El porcentaje de semilla dura se ve reducido con la aplicación de ácido giberélico, ácido clorhídrico más ácido giberélico y escarificación mecánica (lijado) en combinación con ácido giberélico. Los genotipos G1, G2, G3 tuvieron un buen comportamiento específico que redujo la semilla dura al utilizar el ácido giberélico con el lijado. Los genotipos G4 y G5 solo con la aplicación de ácido giberélico presentaron la misma condición (Figura 6). Esto pudiera ser un indicativo de que la testa si es permeable al agua, pero el embrión requiere de hormonas para activar el proceso fisiológico de la germinación y que la latencia no está asociada a la impermeabilidad de testa o cubierta de la semilla (García-Federico *et al.*, 2010; Prado-Urbina *et al.*, 2015).

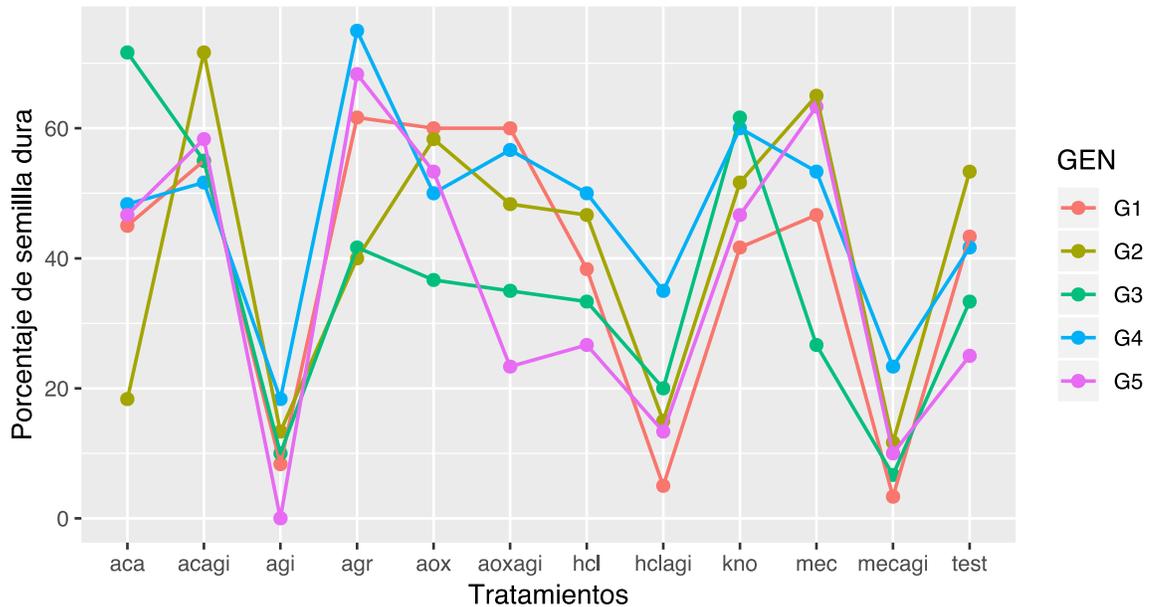


Figura 6. Medias de la variable porcentaje de semilla dura utilizando 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de Chile piquín.

En lo que respecta a la longitud de plúmula el genotipo G2 y G5 estuvieron por encima de la media, el primero con un 22.5% más que el promedio de los demás y el segundo con 10.2% lo que demostró su potencial fisiológico. Por otro lado, los tratamientos de agua oxigenada y ácido clorhídrico en combinación de ácido giberélico además de ácido giberélico por sí solo y nitrato de potasio presentaron una longitud por encima de la media y fueron superiores en un 17.2% en comparación con el resto de tratamientos (Figura 7). Con lo anterior se puede indicar que las giberelinas influyen en procesos fisiológicos y aceleran el crecimiento por medio de la elongación y división de células (Balaguera-López *et al.*, 2009). Por otro lado, menciona Cabezas y Sánchez, (2008) que el N promueve la nueva formación de hojas y su desarrollo, debido posiblemente a las bajas tasas de producción de aminoácidos y proteínas indispensables en la división y elongación de células.

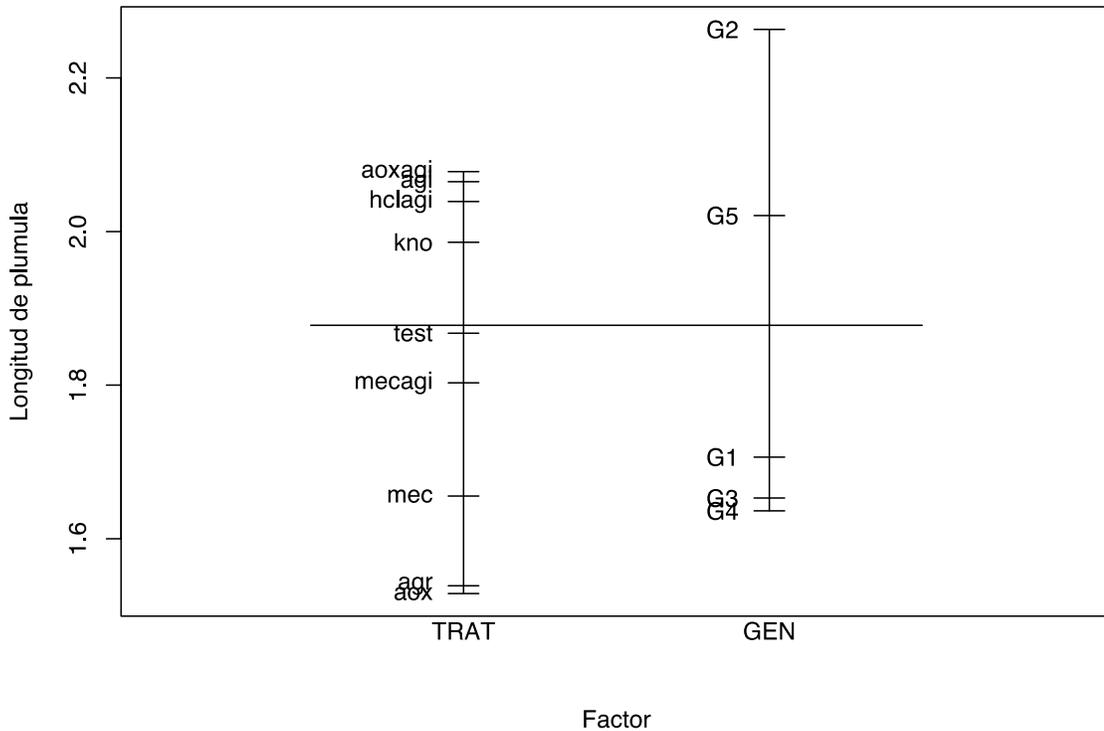


Figura 7. Medias de tratamientos y genotipos para la variable longitud de plúmula.

Para longitud de raíz, el genotipo G2 fue superior al obtener los mayores valores teniendo un 29.9% más de esta variable por encima del resto de genotipos esto es una característica deseable para regiones con poca disponibilidad de agua donde las plantas tienden a tener una raíz más profunda para aprovechar el recurso y garantizar la sobrevivencia. Por otro lado, el nitrato de potasio y el agua oxigenada superaron al testigo con un 17.2% el primero y 2.9% el segundo (Figura 8). Esto coincide con Shim *et al.* (2008) quienes sugirieron que el KNO_3 promueve la reparación metabólica de tejidos y el aumento de respiración, con lo cual se mejora la tasa de crecimiento y la germinación. En lo que respecta el peróxido de hidrógeno promueve el crecimiento temprano de plántulas, lo cual esta correlacionado con la inducción de proteínas relacionadas con señalización, desarrollo, división y elongación celular y control del ciclo celular (Barba-Espín *et al.*, 2012).

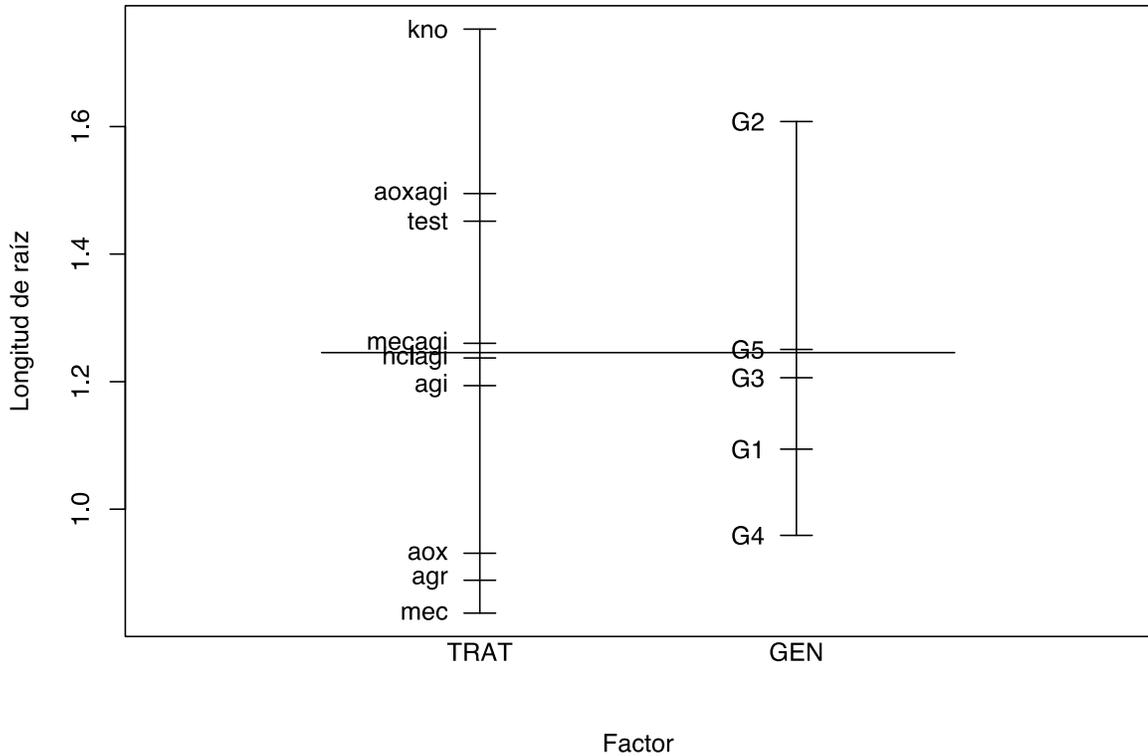


Figura 8. Medias de tratamientos y genotipos para la variable longitud de raíz.

En el peso seco de plántula el genotipo G2 fue un 20% superior que el resto de genotipos seguido del genotipo G5 con 6.7%, asimismo los dos estuvieron por encima de la media lo que demostró su potencial. En el caso de los tratamientos, con la aplicación del producto agromil-V se logró acumular mayor peso seco con 26.6% más que el resto de tratamientos, esto pudo deberse a la acción específica de cada una de las hormonas que contiene el producto (Figura 9). Esto coincide con Paraguay *et al.* (2010) quienes mencionan que las fitohormonas interactúan de forma positiva en el peso de follaje.

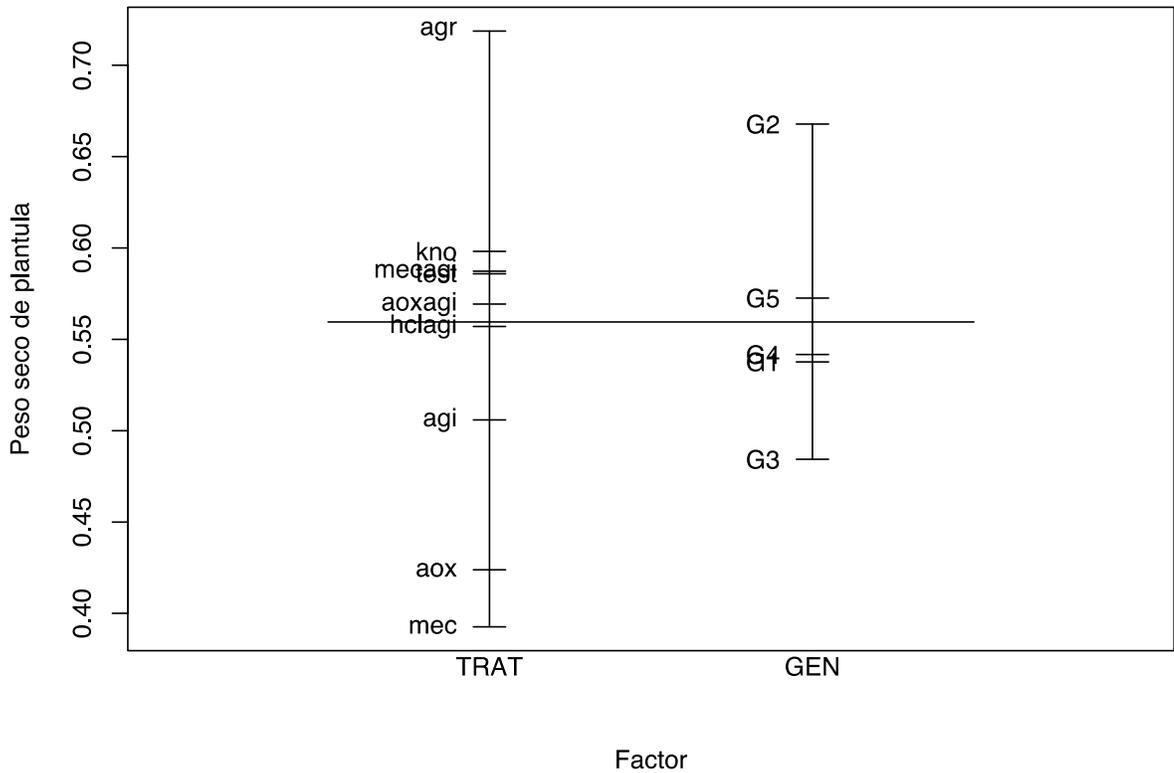


Figura 9. Medias de tratamientos y genotipos para la variable peso seco de plántula.

En la figura 10 se muestra la relación existente entre las variables de pruebas físicas y fisiológicas, donde se observó que existe una alta asociación positiva entre las variables de germinación (“PPAN”, “IG”, “VG” y “PG”) y una relación negativa alta al compararlas con el “PSD” y “PSM”. A nivel de plántula las variables de “LP”, “LR” y “PSP” presentaron una relación positiva de alto grado, teniendo estas y las variables de germinación una correlación positiva de intermedia a alta con las variables de pruebas físicas (“PV” y “PCS”). Con esta información es posible predecir el comportamiento de una variable de forma indirecta a partir de otras, ahorrando tiempo y recursos.

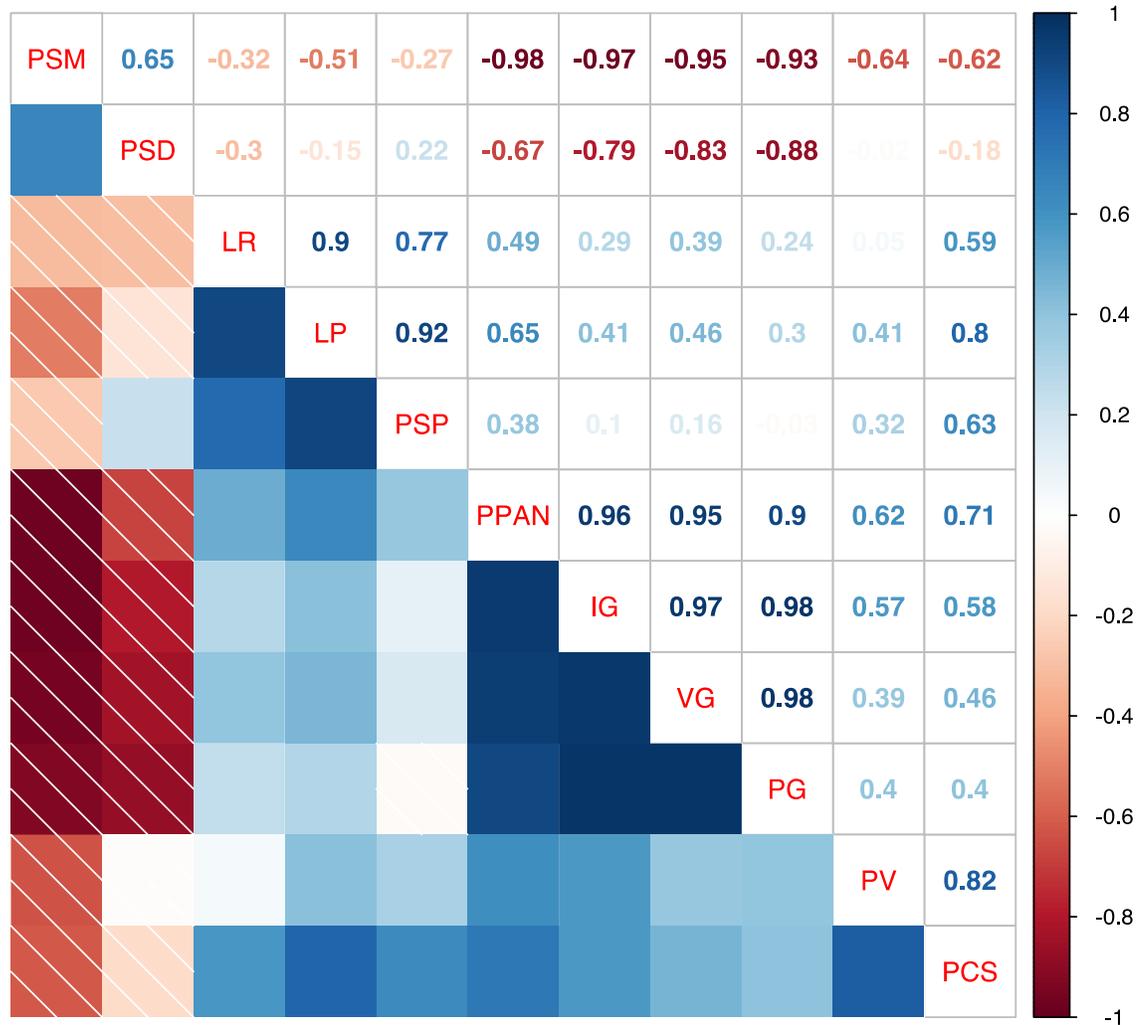


Figura 10. Correlación de variables de pruebas físicas y fisiológicas para semilla de chile piquín.

De acuerdo a las características que presentaron los genotipos se lograron separar en tres grupos: el primero estuvo conformado por el genotipo G5 originario de Rioverde, San Luis Potosí, el segundo por el genotipo G4 de Linares, Nuevo León y en el tercer grupo estuvo incluido el genotipo G1 de Aramberri, Nuevo León, genotipo G2 de San Carlos, Tamaulipas y el genotipo G3 de Ixhuatlán de Madero, Veracruz, teniendo los primeros dos mayor similitud (Figura 11).

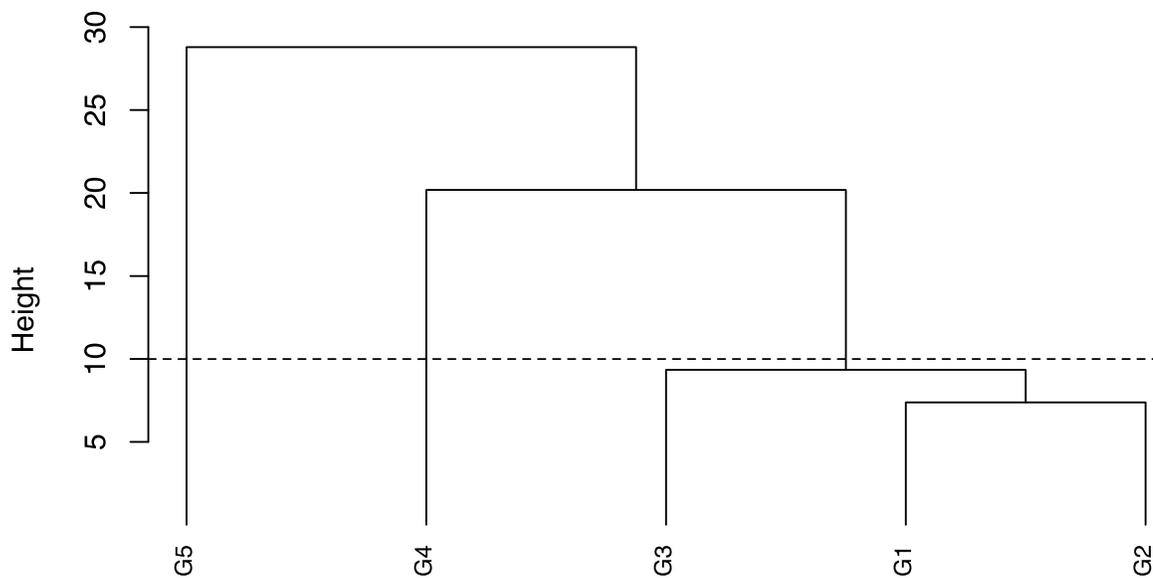


Figura 11. Dendrograma de cinco genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos.

V CONCLUSIONES

Los genotipos presentaron un comportamiento particular al aplicar cada tratamiento, pero en forma general se expresaron de mejor manera al utilizar solo el ácido giberélico o con algunas de sus combinaciones.

El genotipo con mayor potencial fisiológico de la semilla es el G5 originario de Rioverde, San Luis Potosí ya que estuvo involucrado en la mayoría de características deseables y podría utilizarse para posteriores programas de mejoramiento genético.

La latencia que presentó la semilla de chile piquín es fisiológica y esta se puede solventar aplicando hormonas que estimulen los procesos fisiológicos.

VI LITERATURA CITADA

- Aguilar-Meléndez, A. (2004) Ethnobotany, classification and distribution of *Capsicum annuum* L. in Mexico. En Pozo C., O. (ed) Primera Convención Mundial del Chile 2004, Memorias. León, Gto., México. pp. 419-421.
- Almaza J. G., Maiti R. K., Foroughbakhch P. R., Cárdenas M. L., Núñez-González M. A., Moreno-Limón S., Hernández-Piñero J. L., Valades, M. C. (2001). Bromatología del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* (Dierb.) D. & E.). Resúmenes XV Congreso Mexicano de Botánica. Querétaro
- Araiza L.N., Araiza L.E., Martínez M.J.G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de plántula de chiltepín (*Capsicum annuum* L. variedad *glabriusculum*) en invernadero. *Revista Colombiana de Biotecnología* **13**:170-175.
- Arc, E., J. Sechet, F. Corbineau, L. Rajjou and A. Marion-Poll. (2013). ABA crosstalk with ethylene and nitric oxide in seed dormancy and germination. *Front. Plant Sci.* 4(63):1-19.
- Balaguera-López, H. E., Deaquiz, Y. A., and Álvarez-Herrera, J. G. (2009). Obtention of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) from seeds imbibited in different concentrations of gibberellic acid (GA3). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 57-64.
- Baltazar, B. (1997). Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum* spp.) determinada por isoenzimas y RFLPs tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestre en su área de distribución. CONABIO proyecto No. G026. México. 26 p.
- Bañuelos, N., Salido, P.L. y Grandea, A. (2008). Etnobotánica del Chiltepín. Pequeño gran señor de la cultura Sonorense. *Estudios Sociales CIAD* 16(32): 177-205.

- Barba-Espín, G., Clemente-Moreno, M. J., Díaz-Vivancos, P. y Hernández, J. A. (2012). Efecto del peróxido de hidrógeno en la expresión de proteínas durante la germinación. *Proteómica: revista de la Sociedad Española de Proteómica*, (8), 142-142.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. (1998). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, Academic Press.
- Baskin, J. M., Baskin, C. C. and Li, X. (2000). Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology* 15, 139–152.
- Baskin J. M. and Baskin C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-6.
- Besnier, R F. (1989). *Semillas biología y tecnología*. Editorial Mundi-Prensa. España.164-167 pp.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. and Nonogaki H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*. Third edition. Springer, New York. 392 p.
- Bran, R. A. A., Moya, C., Ponce, P., Álvarez, M. y Varela, M. (2007). Diagnóstico participativo de las condiciones socioculturales asociadas a la conservación de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la depresión central de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*, 28(1).
- Cabezas, M. y C. Sánchez. (2008). Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agron. Colomb.* 26, 197-204.
- Cano-Vázquez, A., López-Peralta, M., Zavaleta-Mancera, H. A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., Gardea-Béjar, A., y González-Hernández, V. A. (2015). Variación en grados de latencia en semillas entre colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). *Botanical Sciences*, 93(1), 175-184.
- Castañeda-Saucedo, M. C., López-Castañeda, C., Colinas, B. Ma. T., De León, J. C., Molina, M. y Hernández, L. A. (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Rev. Interciencia.* 34:4.

- Chen F. y Bradford K.J. (2000). Expression of an expansin is associated with endosperm weakening during tomato seed germination. *Plant Physiology* 124:1265-1274.
- 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.
- D'Arcy, W. G. y H. W. Eshbaugh. (1973). The name for the common pepper. *Phytologia* 25: 350.
- D'Arcy W. G., Eshbaugh, W. H. (1974). New World peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*) north of Colombia: a resume. *Baileya* 19: 93–103. de poblaciones silvestres de Chile del noroeste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 323-330.
- De la Rosa, M., Arce, L., Villarreal, J. A., Ibarra, L. y Lozano, J. (2012). Germinación de semillas de Chile simojovel (*Capsicum annuum* L.) previamente expuestas NaCl y ácido giberélico. *Pyton*. 81:165-168.
- Delouche, J. C. 1971. Determinants of seed quality. *Sc. Proc. Miss short course for seedsmen. Seed Technology Lab. State University. USA.* 13:53-68.
- Derakhshan, A. and J. Gherekhloo. (2014). Study on some ecological aspects of cutleaf groundcherry (*Physalis angulata* L.) seed germination and dormancy. *J. Plant Prot.* 28(3):416- 424.
- Doll, U., Fredes V., M., y Soto V., C. (2013). Efecto de distintos tratamientos pregerminativos sobre la germinación de seis especies nativas de la región mediterránea de Chile. *Idesia (Arica)*, 31(3), 71-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000300010>
- Donoso, C. (1993). Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 pp.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85.

- Enríquez-Peña, E., Suzán-Azpíri, H. y Malda-Barrera, G. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*, 38(003): 375-381.
- Félix-Herrán, J. A., Sañudo-Torres, R. R., Martínez-Ruiz, R., y Rojo-Martínez, G. E. (2013). Optimización del proceso germinativo de semillas de chile chiltepín *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill. *Juyyaania* 1(1): 57-69.
- Finch-Savage, W. E. and Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 171:501-523.
- Finkelstein, R., Reeves, W., Ariizumi, T. and Steber, C. (2008). Molecular aspects of seed dormancy. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59:387-415.
- Fitochapingo (2016). Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *aviculare*), Consultado Marzo, 2019. <https://fitochapingo.net/chiltepin-chile-piquin-capsicum-annuum-var-aviculare/>
- Flores G. A., Álvarez M. J. G., Rodríguez de la O J. L. y Corona A. A. (2008). Germinación *in vitro* de semillas de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. *Foresta Veracruzana* **10**:27-33.
- Footitt, S. and Finch-Savage, W. E. (2017). Dormancy and control of seed germination. In: Clemens S. (Ed.). *Plant physiology and function. The Plant Sciences*. Vol. 6. Springer, New York, USA.
- García, A., Montes, S. y Rancel, L. (2004) Calidad fisiológica de la semilla de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) de dos localidades de Querétaro. *Primera convención mundial del chile*, pp. 49–53.
- García-Federico, A., Montes-Hernández, S., Rangel-Lucio, J. A., García-Moya, E., y Mendoza-Elos, M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 203-216.
- García-Hernández, J. L., Valdez-Cepeda, R. D., Murillo, B., Nieto, A., Beltrán, L. F., Magallanes, R., Troyo, E. (2004). Compositional nutrient diagnosis and main nutrient interactions in yellow pepper grown on desert

- calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167: 509-515.
- García, P. M. A., Orantes, G. C., Miceli, M. C. L. Garrido, R. E. R., Pérez, L. R. (2010). Germinación de semillas de chicozapote (*Manilkara zapota* L.) P. Royen (Sapotáceas). *LACANDONIA* 4(1), 17-22.
- González-Cortés, N., Jiménez Vera, R., Guerra Baños, E. C., Silos Espino, H. y Payro de la Cruz, E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE11), 2211-2218.
- 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. pp 85.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1988). *Propagación de Plantas*. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 pp.
- Hartmann, H. Y Kester, F. (2001). *Propagación de plantas, principios y prácticas*, 8a reimpression, Editorial, Continental, México, pp. 760.
- Heiser, C. B. y Pickersgill, B. (1975). Names for the bird peppers (*Capsicum* – *Solanaceae*). *Baileya* 19: 151- 156.
- Hernández V., S., Dávila, A. P., y Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.
- Hernández-Verdugo S., Luna-Reyes R. and Oyama, K. (2001). Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (*Solanaceae*) from Mexico. *Plant Syst Evol* 226:129–142
- Hernández, V. S., Luna, R. R., Sánchez, C., González, R. A., Rivera, B. R. F., Guevara, G. R. G., Sánchez, P. P., Casa, A. y Oyama, K. (2004). Variación genética en la resistencia a virus en poblaciones silvestres de chile (*Capsicum annuum*). En: *Primera Convención Mundial del Chile. Mejoramiento y Recursos Fitogenéticos*, p. 25

- Hernández-Verdugo S., López-España R.G., Porras F., Parra-Terraza S. T., Villarreal-Romero M. y Osuna-Enciso T. (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia* 44:667-677.
- Hilhorst, H.W.M. (1998). The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. *Seed Science Research* 8, 77–90.
- IBPGR. International Board for Plant Genetic Resources. (1983). Genetic Resources of Capsicum. Roma. 49 p.
- Islam, S., Mia, A., Hossain, T., Ahmed, J., Khan, H. (2012). Priming on embryo emergence and seedling vigor of small fruited bitter melon (*Momordica charantia* L.) under suboptimal temperature. *Int J Agr Sci Res.* 2:1 - 10.
- ISTA (2003). International Rules for seed Testing. Edition 2003/1. Zurich, Switzerland. 1 (1984): 7-22.
- Jarma, A. J., Arbelaez, J. C. y Clavijo, J. (2007). Germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. en respuesta a estímulos ambientales y químicos. *Temas Agrarios* 12:31-41.
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Luna-Ruiz, J. J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Hijmans, R. J., Gepts, P. (2014). Múltiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in México. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 6165-6170.
- Koornneff, M., Bentsink, L. and Hilhorst, H. (2002). Seed dormancy and germination. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 5(1):33-36.
- Latournerie, M. L., Chávez, J. L., Pérez, M., Castañon, G., Rodríguez, H. S. A., Arias L. M., Ramírez, V. P. (2002). Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25: 25–33.
- Laurie, M.V. (1974). Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. FAO: Cuadernos de fomento forestal Nº 19. FAO, Roma.
- Long, S. J. (1998). *Capsicum* y cultura: la historia del chilli. Segunda edición. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 203 p.

- López, L., y Castro, G. (2005). Al rescate de la diversidad genética de Chile (*Capsicum* spp.) en Oaxaca, México. En Bravo L., A. G., O. Pozo C. y L. H. Hernández A. (eds). Segunda Convención Mundial del Chile 2005, memorias. Zacatecas, Zac., México. 386 p.
- Maiti, R., Rodríguez, H. G., Narvaez, V., and Ines, R. (2015). A Study on Autoecology and Ecophysiology of Chile Piquin (*Capsicum annum Aviculare* Dierb), a Wild Chilli of High Medicinal and Commercial Value in Northeast Mexico. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management*, 6(2).
- Mark, K. J., Tony, D. A., and Andrew, J. D. (2012). Projected soil temperature increase and seed dormancy response along an altitudinal gradient: Implications for seed bank persistence under climate change. *Plant and Soil*, 353, 289-303. doi: 10.1007/s11104-011-1032-3
- Medina, Á. J.R. 2000. Recetario huichol de Nayarit. Cocina indígena y popular 46. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F. 78 p
- Medina, M., T., Villalón M. H., Carreón P. A., Aguirre B. M. y Cardona E. A. (2005). El Chile piquín silvestre, ecología y manejo in situ en el centro de Tamaulipas. En Bravo L., A. G., O. Pozo C. y L. H. Hernández A. (eds). Segunda Convención Mundial del Chile 2005, memorias. Zacatecas, Zac., México. 386 p.
- Medina-Martínez, T., Rodríguez-del-Bosque, L.A., Villalón-Mendoza, H., Pozo-Campodónico, O., Ramírez-Meraz, M., López-de-León, R., Lara-Villalón, M., Gaona-García, G., Cardona-Estrada, A. y Mora-Olivo, A. (2002). El Chile piquín (*Capsicum annum* var. *aviculare*) en el noreste de México. Aspectos ecológicos y socioeconómicos. *Revista BIOTAM* n.s.13:1-14.
- Medina-Martínez, T., Villalón-Mendoza, H., Hernández, J. M. P., Sánchez-Ramos, G., y Salinas-Hernández, S. (2010). Avances y perspectivas de investigación del Chile piquín en Tamaulipas, México. *Ciencia UAT*, 4(4), 16-21.

- Medina, T., Rodríguez-Del-Bosque, L. A., Villalón, H., Pozo, O., Ramírez, M., López, R., Lara, M., Gaona, G, Cardona, A., Mora, A. (2002). El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) en el noreste de México. Aspectos ecológicos y socioeconómicos. *Biotam* 13: 1-14
- Megías, M., Molist, P., Pombal, M. A. (2018). Organos vegetales. Semilla. Atlas de histología vegetal y animal. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. Pp 6.
- Meyer, S. E., Allen, P. S., and Beckstead, J. (1997). Seed germination regulation in *Romus tectorum* (Poaceae) end its ecological significance. *Oikos*, 78(3), 474- 485. <http://dx.doi.org/10.2307/3545609>
- Nee, G., Y. Xiang and W.J. Soppe. (2017). The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. *Curr. Opin. Plant Biol.* 35:8-14.
- Nikolaeva, M.G. (1977) Factors controlling the seed dormancy pattern. Khan, A.A. (Ed.) *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. Amsterdam, North-Holland. pp. 51–74.
- Nonogaki, H., Bassel, G. W., Bewley, J. D. (2010). Germination-Still a mystery. *Plant Science* 179: 574-581.
- Nonogaki, H. (2014). Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses. *Front. Plant Sci.* 5:1-15.
- Paraguay, J., Bardales, C., León, C., Nomberto, C., y Linares, G. (2010). Incremento del área foliar de *Asparagus Officinalis* L. Cv. UC 157 F1 “espárrago” mediante la aspersion de Giberelina (AG3) y 6-Bencilaminopurina (6–BAP). *Scientia Agropecuaria*, 1(3 y 4), 191-196.
- Pérez, M. A. G., García, C. O., Méndez, C. L. M., Ramírez, E. R. G., y López, R. P. (2010). Germinación de semillas de chicozapote (*Manilkara zapota* L.) *P. Royen* (Sapotáceas). *Lacandonia*, 4(1), 17-22.
- Pickersgill, B. (1984). "Migration of chili peppers, *Capsicum* spp. in the Americas". In: *Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology*. Ed. for Stone D. vol. 76. Harvard University Press, pp. 105-123.
- Pozo, O., Montes, S. y Redondo, E. (1991). Chile (*Capsicum* spp.). In: *avances en el estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Ortega, R.;

- Palomino, G.; Castillo, F.; González, V. A. y Livera, M. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C., Chapingo, México. 217-238 pp.
- Prado-Urbina, G., Lagunes-Espinoza, L. D. C., García-López, E., Bautista-Muñoz, C. D. C., Camacho-Chiu, W., Mirafuentes, F., y Aguilar-Rincón, V. H. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(5), 139-149.
- Ramírez, M. M. (1989). Clasificación de genotipos de chile serrano *Capsicum annum* L. según su resistencia y susceptibilidad a temperaturas altas. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 115 p.
- Ramírez-Meráz, M., Pozo, C. O., y Rodríguez-del-Bosque, L. A. (2003). Tecnología para inducir la germinación en chile piquín. Memoria del 1er. Simposium regional de chile piquín: avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo, México. Publicación especial, (26), 35-36.
- Ramírez, M. M. (2001). Inducción de la germinación en semilla de chile piquín. 13º Encuentro de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. 31p.
- Richards, D. E., King, K. E., Aitali, T., and Harberd N. P. (2001). How gibberellin regulates plant growth and development: A molecular genetic analysis of gibberellin signaling. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52:67-88.
- Rodríguez-del Bosque, L. A., Ramírez-M., M. y Pozo-Campodónico, O. (a) (2003). El cultivo de chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noreste de México. Memoria del 1er. Simposio Regional sobre chile piquín. Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Rio Bravo, Tamaulipas. Publicación especial, núm. 26 México. Pp 1-16.
- Rodríguez-del Bosque, L. A. (b) (2003). Memoria del 1er Simposio Regional de Chile Piquín: Avances de Investigación en Tecnología de Producción y

- Uso Racional del Recurso Silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. México, 45p.
- Rodríguez-del Bosque, L. A., Ramírez-Meráz, M. y Pozo-Campodónico O. (2004). Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP- CIRNE.Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Tamaulipas, México, 33p.
- Rodríguez-Del Bosque, L. A. (2005). Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*.11(002):279-281.
- Rodríguez Alcalá, F. J. (2013). Evidencias para el uso de antiinflamatorios no esteroideos tópicos. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 6(3).
- Ruiz Ortega, F., y Zapata Mira, D. (2017). Modelo explicativo sobre el concepto germinación de semillas: un estudio de caso sobre su enseñanza en un contexto rural. *BioGráfica Escritos Sobre La Biología Y Su Enseñanza*, 10(19), 933-941. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7258>
- Shim S. I., Moon J. C., Jang C. S., Raymer P. and Kim W. (2008). Effect of potassium nitrate priming on seed germination of seashore paspalum. *HortScience* 43:2259-2262.
- Tewksbury, J. J., Nabhan, G. P., Norman, D., Suzan, H., Tuxill, J. and Donovan, J. (1999). In situ conservation of wild chiles and their biotic associates. *Conservation Biology* 13: 98–107.
- Varela S. A., y Arana V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados" Área Forestal - INTA EEA Bariloche Sección: "Silvicultura en vivero" Varela, S. A. y Aparicio, A. (eds.) Cuadernillo N° 3: Marzo de 2011 ISSN: 1853-4775.
- Votava, E. J., Nabham, G. P., Bosland, P. W. (2002). Genetic diversity and similarity revealed via molecular analysis among and within an in situ population and ex situ accessions of chiltepin (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*). *Conserv Genetics* 3:123–129

Zare, S., Tavili, A. and Darini, M. J. (2011). Effects of different treatments on seed germination and breaking seed dormancy of *Prosopis koelziana* and *Prosopis juliflora*. J. For. Res. 22(1):35-38.