

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta Fisiológica a Tratamientos Pregerminativos en Semilla de Cinco
Genotipos de Chile Piquín (*Capsicum annuum*, var. *aviculare*)

Por:

JORGE ESPINOZA GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta Fisiológica a Tratamientos Pregerminativos en Semilla de Cinco
Genotipos de Chile Piquín (*Capsicum annum*, var. *aviculare*)

Por:

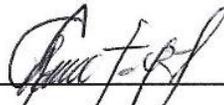
JORGE ESPINOZA GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alfonso López Benítez

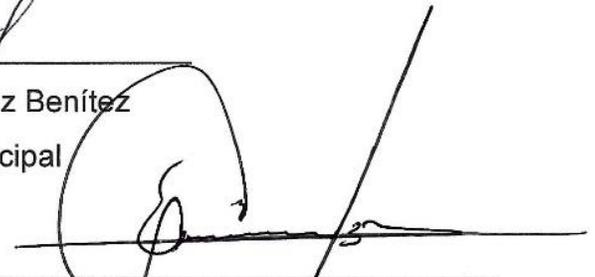
Asesor Principal



M.C. Juan Samuel Guadalupe Jesús

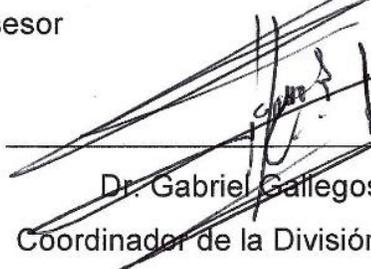
Alcalá Rico

Coasesor



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Agosto, 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir y tener una gran familia que nunca me ha dejado solo y que además me brinda de su amor y apoyo incondicionalmente, por permitirme viajar por el buen camino y por escucharme en los momentos más difíciles de mi vida y nunca dejarme solo cuando más he pedido paz.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por abrirme las puertas y permitirme ser partícipe de tan gran universidad, a esta mi ALMA MATER que me vio caer pero que también me vio levantarme y con esfuerzo haber culminado mi carrera profesional.

A mis asesores de tesis

El Dr. Alfonso López Benítez por darme la oportunidad de participar y trabajar en tan interesante proyecto de investigación.

M.C. Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico por orientarme, ayudarme y corregirme durante todo el proceso de investigación y revisión de mi trabajo, por tenderme la mano y más que ser mi asesor, ser un buen compañero y amigo.

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo, por abrirme las puertas de la investigación y permitirme trabajar en este proyecto, por su orientación, por su ayuda y sus consejos. Gracias por su ayuda, paciencia y comprensión.

A mis maestros y personal que me tendió la mano antes y durante mi carrera profesional.

Ing. Estela Espinoza González, por que más que mi hermana fue ejemplo para salir adelante, por demostrarme que el estudio y éxito también es para los pobres. Mi inspiración para salir adelante, mi gran ejemplo a seguir.

Al Ing. Eduardo Ramírez Naranjo por ayudarme y aconsejarme sobre la mejor y más importante área del mundo, la Agronomía. Gracias por su amistad y consejos.

Ing. Víctor Villanueva, por su apoyo y comprensión durante mi carrera, no encontraría como agradecerle infinitamente todo lo que hizo por mí, me quedo en deuda con usted.

Personal de trabajo de Prácticas Agrícolas a los señores Refugio Clemente (Cuco), Héctor Zavala (Pipo) y Don Sergio, en conjunto, por haber cuidado de mí y haberme dado un lugar donde vivir sin esperar nada a cambio.

Al personal del laboratorio de Ensayos de Semillas, Socorro Bahena y Cristina Betancourt por facilitarme material y apoyarme durante este tan importante trabajo de investigación.

A mis compañeros de generación, por haber compartido tantos momentos, opiniones, puntos de vista, por tantas bromas, palabras, más de 4 años y sin lugar a duda el mejor grupo.

A la Ing. Estefani Contreras Gordillo, por sus palabras y consejos que me hicieron un hombre de bien. Al Ing. Nicolás González, Ing. Andrés Gutiérrez, Ing. Bernardino Amado, Ing. Rosa María Chávez, por ser de los mejores amigos y mejores compañeros.

Al ingeniero Joel Vásquez Mendoza y al Profesor Ismael Torres Alvarado por ayudarme, aconsejarme y haberme disciplinado como un buen deportista y hombre de bien.

Pero más quiero agradecer a la gente que nunca confió en mí, porque gracias a sus críticas y a sus malas palabras, pude demostrarles y demostrarme a mí mismo, que si se puede y que si pude.

DEDICATORIA

A todas y cada una de las personas que fueron un impulso durante mi carrera, a las personas que formaron una parte importante de mi trayectoria, a todas las personas que confiaron en mí plenamente y que me apoyaron hasta el último momento de mi carrera, que estuvieron conmigo, que me ayudaron, que me orientaron y que supieron darme un buen consejo para culminar mis estudios profesionales.

A mis padres

J. Miguel Espinoza Rivera
Y
Ma. Guadalupe González Romero

Por ser el pilar más importante de mi vida, las personas que más amo y admiro. A mi padre porque día con día se esfuerza para sacar adelante una familia, por sus sabios consejos y sus regaños que me ayudaron a ser una persona de bien, una persona sin vicios y una persona responsable con carácter para defender una familia.

A mi madre ese ser que siempre luchó por mantener la familia unida, por alimentarme, vestirme, por cuidar de mí, de mis hermanos y hasta de mis sobrinos, por llenarme de consejos que al principio veía mal pero que ahora me han servido para ser lo que soy.

Los amo padres.

A mis hermanos

Estela, Jaime, Laura, Verónica, Miguel Ángel, Ernesto, Fernando e Isabel. Como poder agradecerles a todos ustedes, tan propios, tan risueños tan llenos de diversión en su alma, cada broma, cada palabra, cada apodo que me reanimo a estar feliz cuando estaba triste, que me preguntaban muchas cosas y que al final no me entendían nada y todos moríamos de risa. Por sus consejos, por su apoyo, por su lazo de amor y amistad que me dieron a todo momento, a cada hora y cada día, por preocuparse por mí, por mi bienestar, porque muchas veces se quedaron sin dinero por ofrecérmelo a mí, a todos ustedes les dedico mi carrera, mi trabajo y quiero que sepan que todos mis éxitos son suyos y que si uno sale adelante los demás salimos juntos. Los amo hermanos.

A mis sobrinos

A esas manitas suaves y delicadas que me despertaban por las mañanas, por sus risas contagiosas, por la felicidad que me transmiten al verme, al reír conmigo, al abrazarme, al hacerme un gesto gracioso o regalarme un beso. Los amo pequeños duendecitos traviosos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen.....	5
Importancia.....	5
Clasificación taxonómica.	6
Descripción técnica.....	7
Semilla.....	7
Germinación.....	8
Problemática en la producción de semilla.....	9
Latencia.....	10
Tipos de latencia.....	10
Latencia por la cubierta de las semillas o latencia exógena.....	10
Latencia física.....	11
Latencia mecánica.....	11
Latencia química.....	11
Latencia morfológica o endógena.....	11
Embriones rudimentarios.....	11

Embriones no desarrollados.....	12
Métodos para romper latencia o tratamientos pre-germinativos	12
Escarificación.....	12
Mecánica.....	12
Química.....	12
Hormonas y otros estimulantes químicos.....	13
Agua caliente.....	13
Nitrato de potasio.....	13
Agromil-V.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	15
Localización de sitio experimental.	15
Material vegetal utilizado.....	15
Tratamientos.....	16
Metodología.....	17
Parámetros evaluados.....	18
Peso de 1000 semillas.....	18
Peso volumétrico.....	18
Germinación.....	18
Índice de germinación.....	18
Velocidad de germinación.....	19
Plantas normales.....	19
Plantas anormales.....	19
Semilla muerta.....	19
Semilla dura.....	19
Longitud de plúmula y raíz.....	20
Peso seco de plántula.....	20
Diseño experimental.....	20
Análisis estadísticos.....	22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Pruebas físicas.....	23
Pruebas fisiológicas.....	24
CONCLUSIONES.....	36
REVISION DE LITERATURA.....	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
2.1	Composición y formulación del Agromil V.....	14
3.1	Identificación y origen de cinco genotipos de chile piquín....	15
3.2	Relación de los tratamientos utilizados para promover la germinación de cinco genotipos de chile piquín.....	13
4.1	Cuadros medios del análisis de varianza de las pruebas físicas de cinco genotipos de chile piquín.....	23
4.2	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas físicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín.....	24
4.3	Cuadros medios del análisis de varianza de las pruebas fisiológicas de cinco genotipos de chile piquín.....	25
4.4	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando tratamientos pre germinativos.....	26
4.5	Comparación de medias de Tukey ($P<0.05$) para las variables de pruebas fisiológicas utilizando cinco genotipos de chile piquín.....	27
4.6	Medias para las variables de pruebas fisiológicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín sometidos a pre tratamientos pre germinativos.....	34
4.7	Medias para las variables de pruebas fisiológicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Medias de la variable velocidad de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	28
2	Medias de la variable índice de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	29
3	Medias de la variable % de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	30
4	Medias de la variable % de plantas anormales bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	31
5	Medias de la variable % de semilla muerta bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.	32
6	Medias de la variable % de semilla dura bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.....	33
7	Correlación de variables de pruebas físicas y fisiológicas para semilla de chile piquín.....	35

RESUMEN

El chile piquín está considerado como un recurso valioso en programas de investigación y de mejoramiento genético. En México existe un interés muy grande por domesticar y explotar comercialmente el chile piquín. Aunque existen pocas evidencias sobre esto, debido a la problemática para lograr la germinación de la semilla que en condiciones naturales es menor al 5%, además de que no germina homogéneamente. Con la finalidad de aportar investigación relevante al medio agrícola y optando por elevar el nivel de conocimiento del cultivo de chile piquín (*Capsicum annuum*, Var. Aviculare), se realizaron pruebas pre germinativas para dicha especie con el objetivo de elevar el porcentaje de germinación y uniformizar las plántulas. El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de semillas de la UAAAN, bajo condiciones controladas. Donde se utilizaron 11 tratamientos pregerminativos en cinco genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos. Los tratamientos utilizados fueron ácido giberélico, agua oxigenada, ácido clorhídrico, agua caliente, nitrato de potasio, escarificación mecánica y combinaciones de ellas, además de un producto comercial Agromil-V y el testigo (agua). Los genotipos que participaron: uno es originario de Nuevo León, uno de Coahuila, uno de Tamaulipas y dos de Veracruz. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar para las variables de pruebas físicas y parcelas divididas con arreglo completamente al azar para las pruebas fisiológicas. Los análisis se realizaron de acuerdo al diseño utilizado, en los casos donde hubo diferencias se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey y gráficos de

interacción. Los resultados indicaron que hubo diferencias tanto en genotipos como en tratamientos y su interacción. Los tratamientos que mejoraron las características de interés fueron el ácido giberélico y su combinación con escarificación mecánica con valores altos en velocidad de germinación, índice de germinación, germinación y longitud de plúmula, además se lograron los valores más bajos en semilla muerta y semilla dura. Por otro lado, el genotipo que mostró mayor potencial en forma general fue el cinco, proveniente de Colatlan, Veracruz. El ácido giberélico promueve favorablemente la germinación de semillas de chile piquín en las concentraciones utilizadas, además de que el potencial de cada genotipo depende del origen geográfico donde se tiene que adaptar a diferentes condiciones.

INTRODUCCIÓN

El Chile piquín es también conocido por chiltepín, chile de monte, chile silvestre, entre otros, ha sido considerado el ancestro de todas las especies de chiles. Se tiene considerado que el centro de origen de esta especie esta entre México y Guatemala, pero más propio de México, ya que se encuentra distribuido por todo el país, principalmente por toda la zona costera del sur de México. Se tiene contemplado que este tipo de chile, está involucrado en muchas recetas de cocina debido a su agradable sabor y a su bajo grado de pungencia, aunado a que no irrita el sistema digestivo.

La importancia del chile piquín va apegada principalmente al sustento económico que muchas personas o familias del sector rural obtienen de dicho fruto mediante la recolección silvestre, se ha mencionado que durante la temporada de recolección, el chile piquín, llega a desplazar del mercado a otros tipos de chiles como es el jalapeño y el serrano, aunque su valor sea hasta 40 veces más caro por kilogramo.

Por el lado científico, el chile piquín está considerado como un recurso fitogenético muy valioso en programas de mejoramiento genético (Vatova *et al.*, 2002). En México existe actualmente un interés muy grande por domesticar y explotar comercialmente esta especie. Por naturaleza, la semilla de chile piquín

presenta un mecanismo de latencia, misma que le ha servido para sobrevivir a las condiciones climáticas adversas, y evitar la competencia por luz, agua y nutrientes, todo esto al no germinar toda la semilla al mismo tiempo dando lugar a germinaciones durante lapsos de tiempo largos o cortos, este ha sido el principal problema para su agronomización debido a su baja germinación y su desuniformidad al momento de la germinación, por lo tanto, este trabajo de investigación propone la utilización de tratamientos pre germinativos para promover la germinación uniforme en semillas de chile piquín y por consiguiente, los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y la capacidad germinativa de genotipos de chile piquín de diferentes orígenes geográficos.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos en caracteres de la germinación.
- Determinar la capacidad germinativa de diferentes genotipos de chile piquín.

Hipótesis

- La utilización de algunos tratamientos promueve la germinación en semilla de chile piquín.
- Por lo menos algún genotipo mostrará mayor capacidad de germinación.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El centro de origen y domesticación del chile (*Capsicum annuum* L.) es Mesoamérica, más cercano a México y Guatemala (Medina *et al.*, 2010), uno de los principales ancestros del chile domesticado es *Capsicum annuum* var. *Aviculare* mejor conocido como “chile piquín”, “chiltepín”, “chile de monte”, “chile silvestre”, entre otros y se encuentra distribuido por todo el país principalmente en la zona costera. En las localidades o regiones donde se encuentra esta especie forma parte importante de la economía local de esos lugares, principalmente en la época de recolección debido a la generación de empleo e ingresos monetarios a las comunidades rurales (Medina *et al.*, 2010).

Importancia

La importancia de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Aviculare*) es principalmente económica debido al sustento temporal que muchas familias de zonas rurales obtienen de la recolección y venta de esta especie (Rodríguez *et al.*, (a) 2003). También se le han otorgado algunos beneficios en la cosmetología e incluso se ha utilizado como componente de algunos insecticidas agrícolas (Rodríguez (b), 2003).

Rodríguez-del-Bosque *et al.* (2004), aseguran que el chile piquín se asocia en gran medida a la comida típica en muchas regiones del país, así mismo en los resultados de su investigación afirman que en el Norte y Noreste de México existe mayor preferencia en cuanto al consumo de chile piquín en comparación con las especies jalapeño, serrano, piquín, habanero, árbol, chipotle, cambray, japonés, cascabel, guajillo, morrón, puya, poblano y chilaca. Casi la totalidad del chile piquín que se comercializa al norte de México proviene de recolectas silvestres después del período de lluvias (Medina *et al.*, 2002). Uno de los factores que afecta a esta especie es la forma de colecta en el medio silvestre, en la cual 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).

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Ramírez (1989) la clasificación botánica del género *Capsicum* es la siguiente:

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

Descripción técnica (Fito Chapingo, 2016).

- Hábito y forma de vida: Herbáceo o arbusto.
- Tamaño: Hasta 4 m de alto, aunque generalmente mucho más pequeño.
- 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, en las axilas de las hojas. 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.

Semilla

Se obtiene del fruto después de la fecundación de los óvulos, los frutos o partes de éstos, así como partes de vegetales o vegetales completos que se utilizan para reproducir y/o propagar diferentes especies vegetales (LFPCCS, 2007).

Agronómicamente se define como semilla a toda clase de grano, frutos y estructuras más complejas que se utilizan en las siembras agrícolas. Botánicamente, la semilla es el óvulo maduro y fecundado encerrado dentro del ovario maduro o fruto, la cual está compuesta de tres partes básicas; el embrión, los tejidos de reserva o almacenamiento y la testa o cubierta de las semillas (Camacho, 1994).

Germinación

El inicio de la germinación se da con la imbibición y sus procesos hasta que termina con la emergencia. La imbibición se da cuando la semilla seca empieza la absorción de agua sin importar si tiene viabilidad o no, y la emergencia se puede definir como el proceso por el cual el eje embrionario o radícula crece, se expande y por acción de la expansión rompe y atraviesa las estructuras que lo rodean (Azcón y Talón, 2003).

La germinación toma lugar cuando las condiciones para el establecimiento de una nueva generación de plantas son apropiadas para la supervivencia (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006)

Bajo condiciones experimentales, la germinación puede variar en cuanto a los diferentes parámetros, temperatura, humedad, luz y fitohormonas. Existe una fitohormona conocida como ácido giberélico que tiene las propiedades de romper o eliminar la latencia de las semillas y que frecuentemente reemplaza la

necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura (Hernández, 2004).

Para que el proceso de germinación tenga lugar (Varela y Arana, 2011) se toman en cuenta las siguientes condiciones:

- 1) Humedad suficiente.
- 2) Temperaturas favorables.
- 3) Intercambio de gases suficiente.
- 4) Luz adecuada.

Problemática en la producción de semilla

Existen pocas evidencias de la explotación comercial de chile piquín, debido a la gran problemática para lograr la germinación de la semilla que en condiciones naturales es menor al 5% durante el primer mes de siembra (Robles y Gómez, 2008). Todo lo anterior se debe a que la semilla contiene cera epicuticular y una capa externa dura llamada testa que le hacen impermeable, dificultando la absorción de humedad; esto favorece la supervivencia de una especie en su hábitat natural, ya que aunque exista humedad, no todas las semillas germinan a la vez; sin embargo, es una limitante para el establecimiento de un lote comercial (Almanza, 1993).

Latencia

El concepto de latencia se ha definido como un bloqueo al proceso para completar la germinación de unidades de propagación intactas y viables, bajo óptimas condiciones de germinación (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).

El impedimento de la germinación de semillas viables bajo condiciones ambientales adecuadas es provocado por mecanismos de latencia innata o latencia inducida por factores ambientales (Lobo *et al.*, 2007). Por otro lado, Fenner y Thompson (2005) han indicado que la latencia no está asociada solamente con la ausencia de germinación y que más bien está relacionada con los atributos de la semilla que determinan las condiciones requeridas para que proceda la emergencia de la plántula.

La latencia y la germinación son determinadas por una interacción entre el potencial de desarrollo del embrión y las restricciones impuestas por los tejidos que rodean a este (Koornneef *et al.*, 2002). Sin embargo, las semillas de plantas silvestres están asociadas a la latencia, cuando finaliza la madurez del fruto en la planta, un mecanismo que temporalmente impide la germinación pero que asegura la sobrevivencia a desastres naturales y disminuye la competencia en la especie (García *et al.*, 2010).

Tipos de latencia (Varela y Arana, 2011)

Latencia por la cubierta de las semillas o latencia exógena:

- **Latencia física.** En este tipo de latencia, la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión se encuentra protegido por una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.
- **Latencia mecánica.** En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiados duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- **Latencia química.** Se refiere a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

Latencia morfológica o endógena:

Presentada en aquellas familias de plantas, cuyas semillas el embrión no se han desarrollado completamente en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de ésta categoría hay dos grupos:

- **Embriones rudimentarios.** Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un pro embrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen

inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.

- **Embriones no desarrollados.** Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

Métodos para romper latencia o tratamientos pre-germinativos.

Existen diferentes métodos para romper latencia, a continuación se mencionan algunos de los más usuales

Escarificación

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. Esta puede subdividirse en dos

- 1) **Mecánica:** Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas. Si es a gran escala se utilizan máquinas de tambores giratorios.
- 2) **Química:** La escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos breves de 15 minutos a 2 horas en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período del tratamiento, las semillas deben

agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al finalizar este período se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante o sobrante.

Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico, citokininas, entre otros, todos estos tipos de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie de que se trate. Las giberelinas promueven la germinación de la semilla (Koorneef *et al.* 2008); comercialmente se tiene el ácido giberélico. Al respecto, Varela y Arana (2011) mencionan que hay demostraciones de que en el mantenimiento o la interrupción de la latencia, actúan factores internos como las hormonas del crecimiento como lo son las giberelinas.

1. **Agua caliente.** El agua caliente es una alternativa sencilla y práctica de bajo costo y efectiva en el control sanitario de la semilla, entre ellas el chile (Miller y Lewis, 2006), pero casi no se usa como promotor de la germinación. Consiste en calentar el agua a 85°C e introducir la semilla y dejarla remojando por 24 horas.
2. **Nitrato de potasio.** Por mucho tiempo se ha tenido la idea de que los nitratos son potentes agentes de la germinación, pero se plantea la

incógnita de si estos actúan en el embrión o modifican la testa, y si son o no metabolizados junto con la semilla (Cuenca y Yerania, 2015). El nitrato de potasio (KNO_3) es el producto químico más ampliamente utilizado para promover la germinación de semillas. Las soluciones de 0.1 a 0.2% de KNO_3 son comunes en la rutina de pruebas de germinación de muchas especies y son recomendadas por la AOSA, (Association of Official Seed Analysts, 1993) e ISTA, (International Seed Testing Association, 1996).

3. **Agromil-V.** Bioestimulante proveniente de extractos vegetales, que favorece el desarrollo armónico vegetativo y reproductivo de los cultivos.

Cuadro 2.1. Composición y formulación del Agromil V.

Fitohormonas y vitaminas biológicamente activas	77.8
Citocininas	81.90 ppm
Riboflavina	0.86 ppb
Giberelinas	31.00 ppm
Nicotinamida	0.16 ppb
Auxinas	30.50 ppm
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
	100

(Biorreguladores y bioestimulantes, 2018).

MATERIALES Y METODOS

Localización de sitio experimental

El experimento se llevó a cabo 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.

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 de 5 genotipos de chile piquín

Identificación	Localidad	Municipio	Estado
Genotipo 1	Estación Álamo	Villaldama	N.L.
Genotipo 2	Ej. Lázaro Cárdenas	Burgos	Tam.
Genotipo 3	Palo Blanco	Castaños	Coah.
Genotipo 4	Tiopanahuatl	Ixhuatlán de Madero	Ver.
Genotipo 5	Colatlán	Ixhuatlán de Madero	Ver.

Tratamientos

Para promover la germinación de los genotipos de chile piquín se utilizaron 11 tratamientos pregerminativos de los cuales algunos rompen latencia física y otros latencia fisiológica de la semilla, en el Cuadro 3.2 se presenta la relación de los tratamientos utilizados.

Cuadro 3.2 Relación de los tratamientos utilizados para promover la germinación de la semilla de cinco genotipos de chile piquín.

Tratamiento	Abreviación	Concentración	Tiempo
Testigo	Test		
Agua oxigenada	aox	3%	24 horas
Ac. Giberelico	agi	5000 ppm	24 horas
Agromil-V	agr	2% v/v	24 horas
Ac. Clorhídrico	hcl	10%	30 minutos
Nitrato de potasio	kno	3%	168 horas
Escarificación Mecánica	mec	Lijar suavemente	
Agua caliente	aca	83°C	24 horas
Agua caliente + Acido Giberelico	acagi		24 hrs/trat
Agua oxigenada + Acido Giberelico	aoxagi		24 hrs/trat
Ácido Clorhídrico + Ácido Giberelico	hclagi		1 ^{er} trat. 30 min y 2 ^{do} trat. 24 hrs
Escarificación+Ácido Giberelico	mecagi		2 ^{do} trat. 24 hrs

Metodología

Se utilizaron cajas Petri, las cuales se lavaron con jabón comercial, después se enjuagaron y 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 de la misma medida de las cajas de Petri 100 mm x 15 mm.

La semilla utilizada se desinfectó con cloro al 1% por un lapso de 30 segundos, posteriormente 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 pre germinativo correspondiente de acuerdo al Cuadro 3.2. A las cajas de Petri ya limpias se les introdujo el círculo de papel filtro, el cual se humedeció con una solución de agua con fungicida, cabe destacar que se humedecieron cada tercer día. Se rotaron dos tipos de fungicidas para prevenir y controlar el desarrollo de hongos patógenos, utilizando Captan 50 (Captan) y Tecto 60 (Tiabendazol).

Las semillas se sembraron en las cajas con una distribución circular, un círculo pequeño y uno más grande, para que al momento de la germinación se facilitara el conteo de las semillas germinadas. 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.

Parámetros evaluados

Peso de 1000 semillas

Se tomaron ocho repeticiones de 100 semillas al azar, se pesaron con una balanza OHAUS Explorer® Pro, modelo EP613 y se obtuvo el promedio para luego calcular el peso de mil semillas.

Peso volumétrico

En un recipiente 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)

Germinación

Se definió como la relación entre el número de plántulas normales y el número de semillas sembradas utilizando la siguiente fórmula. $PG = (NSG/NTS)$, donde PG es el porcentaje de germinación, NSG es el número de semillas germinadas y NTS como el número total de semillas sembradas.

Índice de germinación

Es el tiempo de germinación en relación a la capacidad germinativa, donde $IG = \frac{\sum(n_i t_i)}{NTS}$, donde n_i , es el número de semillas germinadas en el día i y t_i es el número de días después de la siembra.

Velocidad de germinación

Es la medida como el número de semillas germinadas en relación con el tiempo de germinación: $VG = \sum(ni)/t$, donde t es el tiempo de germinación en días desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

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.

Plantas anormales

Se contaron aquellas plantas que no contaban con todas sus estructuras fisiológicas desarrolladas. Los resultados se expresaron en por ciento.

Semilla muerta

Se contabilizaron aquellas semillas que son blandas, absorbieron agua pero que no producen ninguna plántula.

Semilla dura

Se contaron aquellas semillas que permanecen impermeables al agua al final del periodo del análisis, debido a que no absorbieron agua.

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 porcentaje. La longitud de raíz se midió el inicio del coleóptilo hasta el final de la radícula con una regla graduada. Los resultados se expresaron por ciento.

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 mg por plántula.

Diseño experimental

Para peso de 1000 semillas y peso volumétrico se utilizó un diseño completamente al azar, en el primer caso con 8 repeticiones de 100 semillas y en el segundo caso con 4 repeticiones.

Para el resto de las variables 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

μ = 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

μ = Media general

α_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 $\text{error}_{(a)}$

ρ_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 $\text{Error}_{(b)}$

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. Se realizó por medio de un análisis de varianza de acuerdo al diseño utilizado. En los casos donde las fuentes de variación mostraron significancia se efectuó una comparación de medias de Tukey y para las interacciones se realizaron gráficos de interacción. Se utilizó el software R versión 3.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas físicas

De acuerdo al análisis de varianza de las pruebas físicas se encontraron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación Genotipos para las variables, Peso volumétrico y Peso de 100 semillas, las cuales son algunas de las principales características indicadoras de calidad de un lote de semillas (Garay, 1989).

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	64.8920	**	4	0.0268	**
Error	15	4.2720		35	0.0001	
Media		33.4400			0.2162	
R ²		0.8020			0.9551	
CV		6.1809			5.5508	

*, ** 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.

Los resultados de la comparación de medias en variables de pruebas físicas, se presentan en el Cuadro 4.2. Estos indicaron que en PV se obtuvieron tres grupos estadísticamente diferentes, en donde el genotipo 4 presentó el valor más alto (38.2 kg/HI). El valor más bajo lo presentó el genotipo 5 (27.9 Hg/HI), existiendo una diferencia de 10.3 Kg/HI entre el valor más alto y el valor más

bajo. En cuanto al PCS se refiere, se obtuvieron cuatro grupos estadísticos, en donde el genotipo 5 muestra el valor más alto con 0.2934 g siendo 32.9% superior a los demás genotipos. Estos valores son un indicativo de la calidad física, lo cual es un elemento esencial a considerar en la producción de semillas, así como también es importante conocerlos para el establecimiento y producción de cultivos con altos índices de calidad (Carballo, 1992).

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

Gen	PV	PCS	PMS
G1	35.5 ± 1.51 ab	0.1336 ± 0.01 d	1.34
G2	34.6 ± 2.45 ab	0.2150 ± 0.01 c	2.15
G3	31 ± 1.55 bc	0.2371 ± 0.02 b	2.37
G4	38.2 ± 3.1 a	0.2021 ± 0.01 c	2.02
G5	27.9 ± 1 c	0.2934 ± 0.01 a	2.9

GEN =Genotipo, PV=Peso Volumétrico, PCS= Peso de 100 semillas, PMS= Peso de Mil semillas.

Pruebas fisiológicas

En cuanto al análisis de varianza de las pruebas fisiológicas se lograron observar diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en las fuentes de variación Tratamientos, Genotipos y su interacción Tratamientos*Genotipos en todas las variables evaluadas como son Velocidad de germinación (VG), Índice de germinación (IG), Germinación (G), Porcentaje de plántulas anormales (PAN), Porcentaje de semilla muerta (SeM) y Porcentaje de semilla dura (SeD). Esto pudo deberse a la diferente constitución genética y al efecto particular de los tratamientos (Cuadro 4.3).

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

FV	GL	VG	IG	G	PAN	SeM	SeD
Trat	11	0.6225**	4.5521 **	0.0597 **	0.0439 **	0.0283 **	0.0764 **
Error a	24	0.0046	0.1330	0.0022	0.0022	0.0030	0.0027
Gen	4	0.4387 **	4.6626 **	0.0842 **	0.0198 **	0.0898 **	0.0451 **
Trat*Gen	44	0.0370 **	0.4859 **	0.0092 **	0.0067 **	0.0062 **	0.0113 **
Error b	96	0.0062	0.1154	0.0017	0.0015	0.0025	0.0031
% CV (a)		5.5685	18.4912	4.4005	4.3875	4.7488	4.4577
% CV (b)		6.4411	17.2222	3.8149	3.6980	4.3411	4.8039

*, ** 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, G= Porcentaje de Germinación, PAN= Porcentaje de Plantas Anormales, SeM= Porcentaje de Semilla Muerta, SeD= Porcentaje de Semilla Dura, Trat= Tratamientos, Gen= Genotipos, % CV= Coeficiente de Variación.

Las diferencias estadísticamente significativas se pueden observar en base a las agrupaciones de Tukey registradas en el Cuadro 4.4. De acuerdo a la comparación de medias los tratamientos de Ácido giberélico y su combinación con el lijado mostraron superioridad al tener los mayores valores en VG, IG, G y los valores más inferiores en SeM y SeD (Cuadro 4.4), esto se asemeja a lo dicho por Koornef y Bentsink (2008), quienes mencionan que el uso del ácido giberélico ha incrementado la germinación en semillas de varias especies. Además García *et al.* (2010), mencionan que lograron un incremento en la germinación y vigor de plántulas al aplicar AG_3 en semillas de chile piquín en invernadero.

Por otro lado, el agua caliente y su combinación con ácido giberélico afecto de manera negativa las variables de germinación, lo cual coincide con García *et al.*

(2010) quienes reportan que la semilla de chile piquín al ser sometida al tratamiento hidrotérmico, demora su germinación y emergencia de la plántula.

Para los tratamientos utilizando agua oxigenada y nitrato de potasio fueron inferiores al testigo en forma general, estos resultados difieren con Cano *et al.* (2015), los cuales indican que estos tratamientos utilizados en 16 colectas de chile piquín no modificaron el porcentaje de germinación en comparación con el testigo sin tratamiento.

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	0.04 f	0.39 ef	2 e	0.67 cd	53.33 a	44 ab
acagi	0 f	0 f	0 e	0 d	48.33 ab	52.33 a
agi	1.56 a	6.61 a	40.67 a	28.67 a	18.33 e	12.33 d
agr	0.61 c	3.85 bcd	21.67 bcd	11.33 bcd	35.67 bcd	31.33 bc
aox	0.14 ef	1.86 def	7 e	4.67 cd	38 abcd	50.33 a
aoxagi	0.44 cd	3.35 cd	11.33 cde	14.33 bc	42.67 abc	31.67 b
hcl	0.49 c	4.69 abc	0 e	32.33 a	37.67 abcd	30 bc
hclagi	1.21 b	5.76 ab	37.33 a	19.67 ab	27.67 cde	15.33 cd
kno	0.16 ef	2.12 de	8.33 de	3.67 cd	31 cde	57 a
mec	0.23 def	2.56 d	12.33 cde	4 cd	31.33 cde	52.33 a
mecagi	1.42 ab	5.44 abc	29.33 ab	30.67 a	27.67 cde	12.33 d
test	0.37 cde	5.02 abc	22.67 bc	6.67 bcd	22.67 de	48 a

Trat= Tratamientos, VG= Velocidad de germinación, IG= Índice de germinación, G= Porcentaje de germinación, PPAN= porcentaje de plantas anormales, SeM= Porcentaje de semillas muertas, SeD= Porcentaje de semillas duras.

En cuanto a genotipos se refiere se pudo observar claramente que los genotipos con las características ideales fueron el G4 y G5 al tener los valores

más altos para las variables de germinación (Cuadro 4.5). Por otro lado, la variación de los resultados puede estar dada por las diferentes condiciones a las que se tiene que adaptar cada genotipo, lo cual coincide con Evans y Cabin, (1995), los cuales menciona que la variación y velocidad de la germinación ocurre en la mayoría de las especies que se reproducen mediante semillas, lo que nos indica una reducción del fracaso al momento del establecimiento. El peor de los genotipos para esta ocasión es el G1, proveniente del estado de Nuevo León, al arrojar valores muy bajos en las características deseadas y valores muy altos en las características no deseadas.

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	0.29 d	1.73 c	5.14 c	9.72 b	38.06 a	47.08 a
G2	0.54 c	3.34 b	14.31 b	13.19 b	45.14 a	27.36 b
G3	0.28 d	2.19 c	6.11 c	10.42 b	44.72 a	38.75 a
G4	0.67 b	4.63 a	27.08 a	9.58 b	23.61 b	39.72 a
G5	1.01 a	5.46 a	27.64 a	22.36 a	21.11 b	29.17 b

GEN= Genotipos, VG= Velocidad de germinación, IG= Índice de germinación, G= Porcentaje de germinación, PPAN= porcentaje de plantas anormales, SeM= Porcentaje de semillas muertas, SeD= Porcentaje de semillas duras.

Los genotipos mostraron un aumento en la variable velocidad de germinación al aplicarse ácido giberélico y su combinación con ácido clorhídrico y Lijado. Además de que el Genotipo 5 sobresale en todos los casos de manera positiva, con una tendencia por encima del resto de los genotipos (Figura 1). Esto puede ser debido a que la germinación de semilla de chile piquín es regulada por hormonas, en particular por el ácido giberélico, pues al intervenir en enzimas

hidrolíticas reblandecen el endospermo o la cubierta e induce la movilización de reservas y estimulan la germinación (Bewley y Black, 1994).

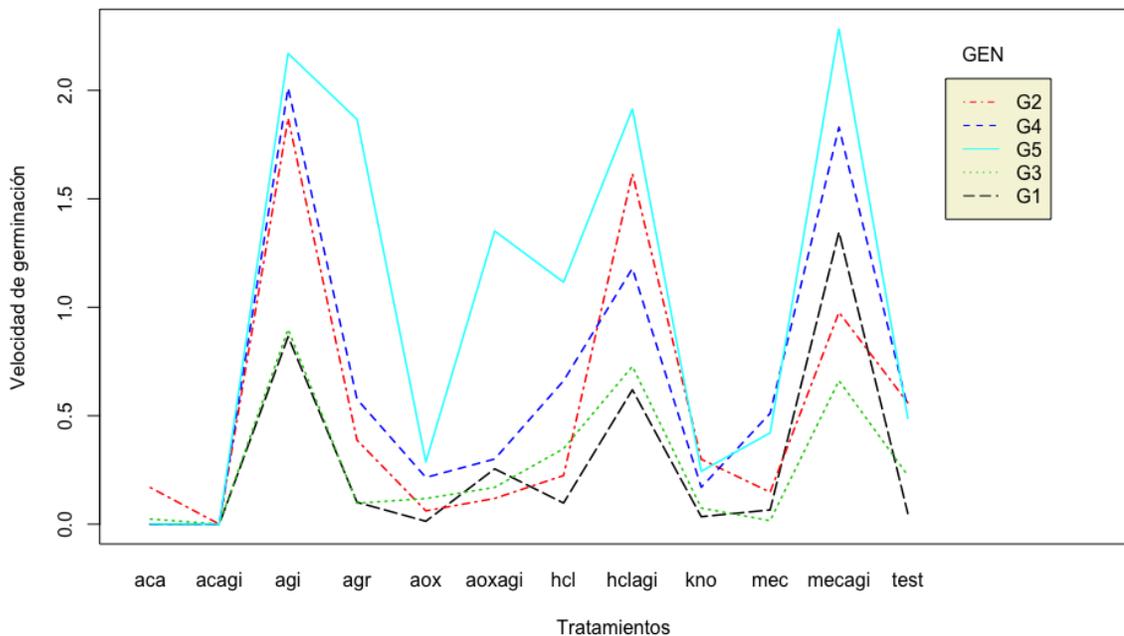


Figura 1. Medias de la variable velocidad de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

En cuanto a la variable índice de germinación representada en la Figura 4.2 se puede destacar que el genotipo 5 mostró en forma general los valores más altos, seguido del genotipo 4. En el caso de los tratamientos, el ácido clorhídrico solo incremento los valores del genotipo 5, pero su combinación con ácido giberélico promueve los valores de la mayoría de genotipos al igual que el ácido giberélico y su combinación con Lijado (Figura 2). Ordaz (2018) hace mención de que el Lijado del endocarpo disminuye el periodo y aumentan el porcentaje de germinación, lo que nos hace pensar que el desgaste del endocarpo por acción del lijado, hace más susceptible la semilla a la absorción de agua y por

tanto al comienzo del proceso de germinación, por esa misma razón el lijado en la semilla de chile tubo efectos positivos.

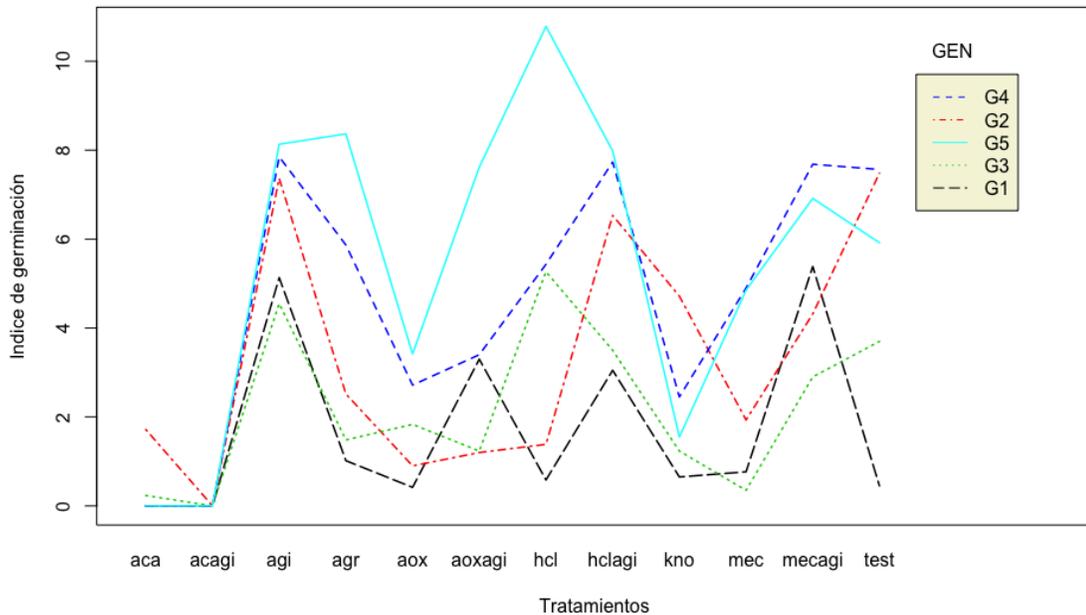


Figura 2. Medias de la variable índice de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

El porcentaje de germinación tendió a elevarse en los tratamientos en los cuales estuvo involucrado el ácido giberélico (agi). En el caso de los genotipos sobresalió muy por encima del resto el G4 (Figura 3). Este incremento de germinación coincide con Ramírez-Meraz *et al.* (2003) quienes emplearon 5,000 ppm de ácido giberélico y lograron 66% de germinación, mientras que Hernández-Verdugo *et al.* (2006) encontraron mayor efectividad con 250 y 500 ppm de AG₃, con promedios de 46 y 43% de germinación.

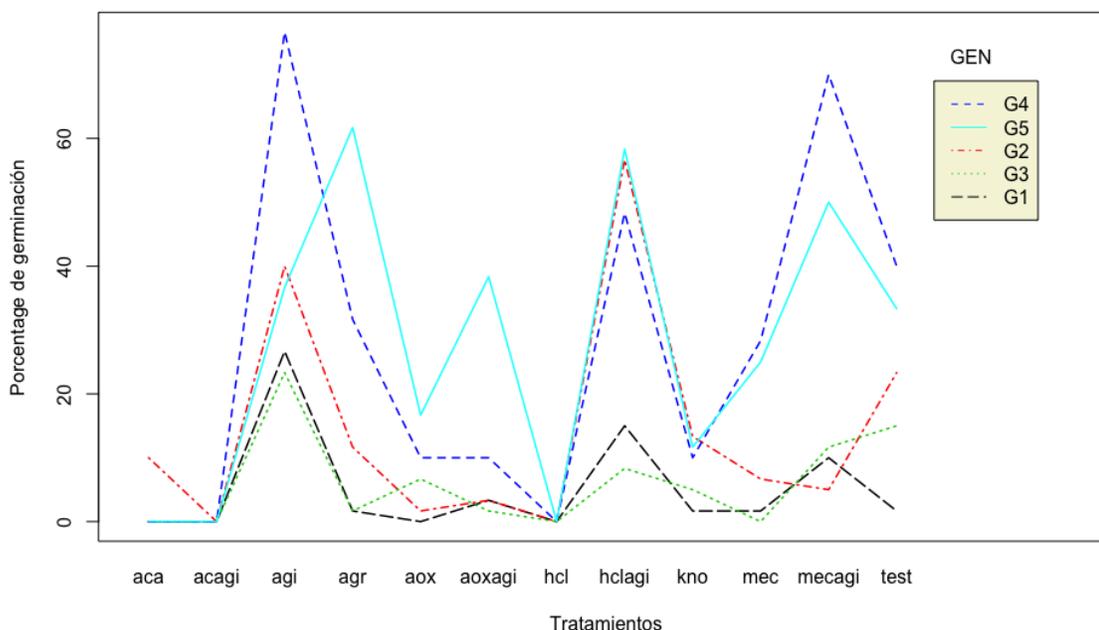


Figura 3. Medias de la variable % de germinación bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de Chile piquín.

En el genotipo 5 fue el más afectado al aplicar el tratamiento hcl, ya que presentó un alto porcentaje de plantas anormales (Figura 4), lo cual no es favorable al cultivo, ya que no demostraron un potencial de desarrollo continuo a plantas, aun cuando crecen en el suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. (ISTA, 1996). Por otra parte, estudios similares realizados por Félix-Herrán *et al.* (2013) arrojan resultados negativos en cuanto al uso de hcl obteniendo 0% de germinación, lo cual podría indicarnos que dicho tratamiento no es una buena alternativa de tratamiento pregerminativo en semilla de Chile piquín.

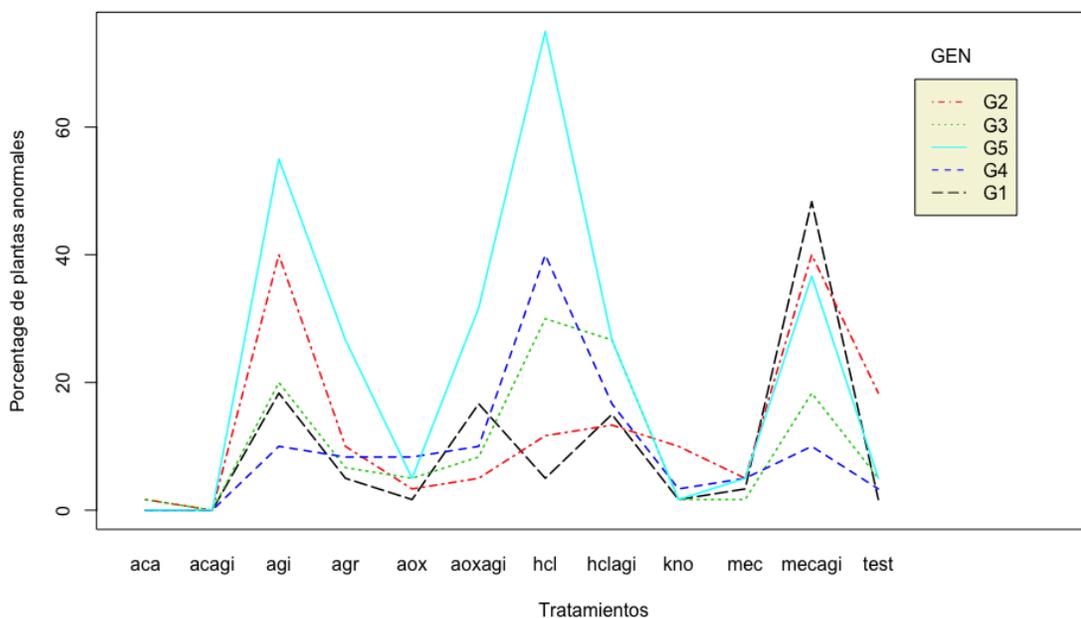


Figura 4. Medias de la variable % de plantas anormales bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

Los genotipos 2 y 3 presentaron alto porcentaje de semillas muertas, ambos casos en los cuales el agua caliente estuvo involucrada. García *et al* (2010) realizaron un experimento en el cual la semilla de chile piquín fue sometida al tratamiento hidrotérmico resultando en una demora en la germinación y emergencia de la plántula. Por el contrario, Villalón *et al.* (2002) estiman que el agua a 50°C por cinco minutos aumenta el porcentaje de germinación de semillas de chile piquín.

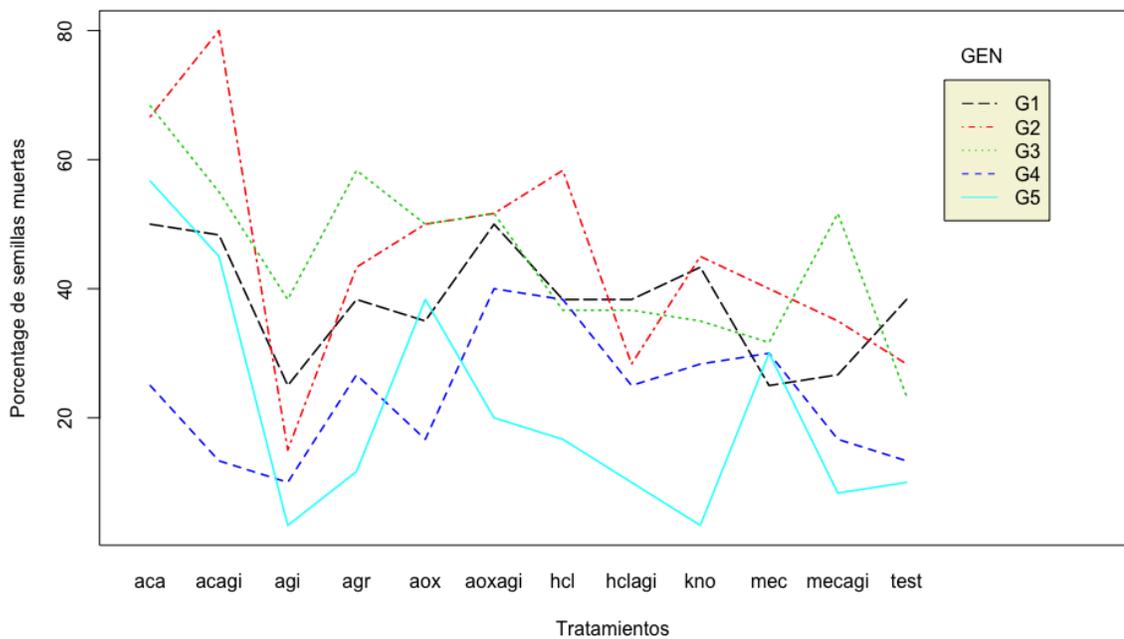


Figura 5. Medias de la variable % de semilla muerta bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de Chile piquín.

El genotipo 4 con el tratamiento acagi, seguido del genotipo 5 con el tratamiento kno, fueron los que registraron los valores más altos de semilla dura, resultados que no son favorables para ninguno de los materiales, ya que lo que se busca es inducir permeabilidad y para que la semilla pueda realizar el proceso de imbibición que es el primordial paso para la germinación de las semillas (Figura 6). Cabe destacar que en los genotipo en los cuales se utilizó agua caliente como tratamiento, no obtuvimos resultados favorables para ninguna de las variables en estudio, el mismo caso lo presenta Félix-Herrán *et al.* (2013), los cuales utilizaron tratamiento hidrotérmico a temperaturas de 45, 50, 55 y 60° C, obteniendo cero por ciento de germinación en todos los casos, esto podría deberse a la falta o exceso de temperatura, lo cual ralentiza la germinación o por otra parte la muerte del embrión.

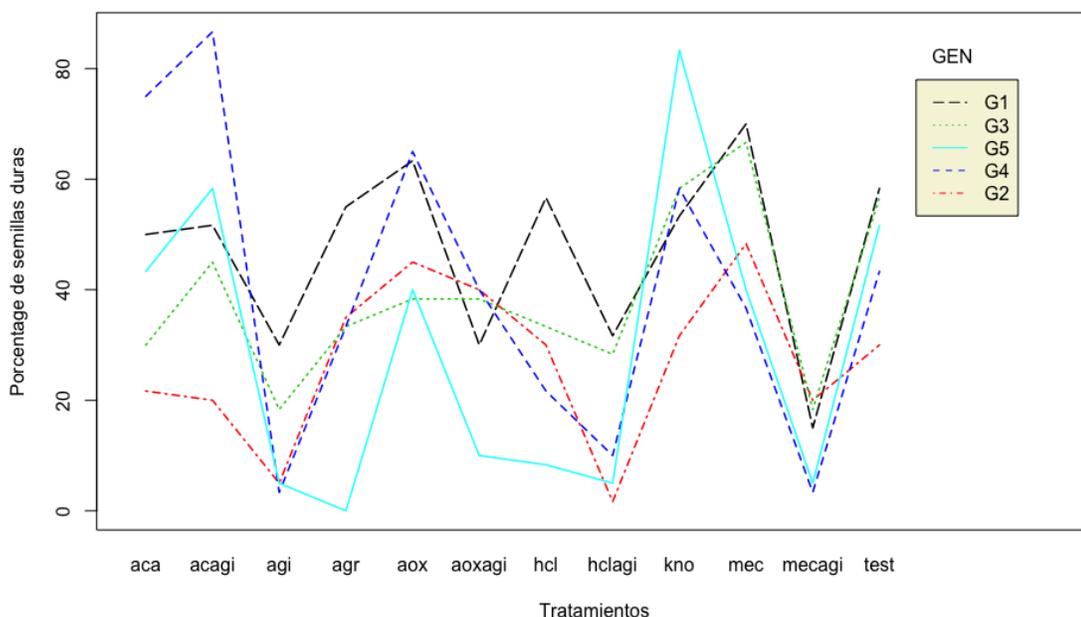


Figura 6. Medias de la variable % de semilla dura bajo 12 tratamientos pregerminativos y cinco genotipos de chile piquín.

En base al Cuadro 4.6 de medias, destaca el tratamiento agi en la variable LP, destacando con un valor de 0.5789 cm más que el tratamiento con menor valor, que en este caso fue el aca, por otra parte, en cuanto a las variables LR y PSP puede existir una relación entre ambas con el tratamiento kno, ya que los valores más altos en estas dos variables fueron obtenidos por dicho tratamiento. Contrastando nuestro resultado podemos corroborarlo por diferentes autores, los cuales afirman que el tratamiento de las semillas previo a su siembra con kno, ha mejorado y uniformado la germinación de semillas en muchos cultivos (Marín *et al.*, 2007; cebolla; Ramos-Espinoza *et al.*, 2003: chile manzano; Arredondo, 1991: chile serrano). En cuanto a medias de genotipos, claramente se pone en evidencia que el genotipo 5 proveniente de Colatlán, Veracruz, mostro altos valores en las tres variables involucradas, en comparación con el resto de los genotipos (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.6 Medias para las variables de pruebas fisiológicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín sometidos a pretratamientos pregerminativos.

TRAT	LP	LR	PSP
aca	1.4750	0.6000	0.6125
agi	2.0539	1.4004	0.5119
agr	1.5854	0.9408	0.6903
aox	1.9731	0.7607	0.6650
aoxagi	2.0184	1.0303	0.3756
hclagi	1.9998	1.3333	0.4892
kno	1.8627	1.7742	0.7048
mec	1.9676	1.2237	0.6681
mecagi	1.8480	1.3808	0.5822
test	1.8807	1.5077	0.6990

TRAT= Tratamientos, LP= Longitud de Plumula, LR= Longitud de Raiz, PSP= Peso Seco de Plantula.

Cuadro 4.7 Medias para las variables de pruebas fisiológicas en semillas de cinco genotipos de chile piquín

GEN	LP	LR	PSP
G1	1.8362	1.0061	0.5257
G2	1.7535	1.1773	0.6086
G3	1.8313	1.0526	0.4639
G4	1.7830	1.2260	0.5202
G5	2.2517	1.7170	0.7586

GEN= Genotipos, LP= Longitud de Plumula, LR= Longitud de Raiz, PSP= Peso Seco de Plantula.

En la Figura 7 se muestra la asociación entre las variables estudiadas donde se observa que las variables de germinación están muy correlacionadas de forma positiva, siendo estas afectadas por el PSM y PSD. Por otro lado, las variables PSP, LP y LR de la misma forma muestran una relación positiva en alto grado.

Con estos datos es posible predecir el comportamiento en la germinación de la semilla de chile piquín en forma indirecta. Esto coincide con Rodríguez *et al.* (2014) quienes mencionan que el conocimiento de las correlaciones existentes entre los caracteres de importancia económica es una herramienta útil en la selección indirecta.

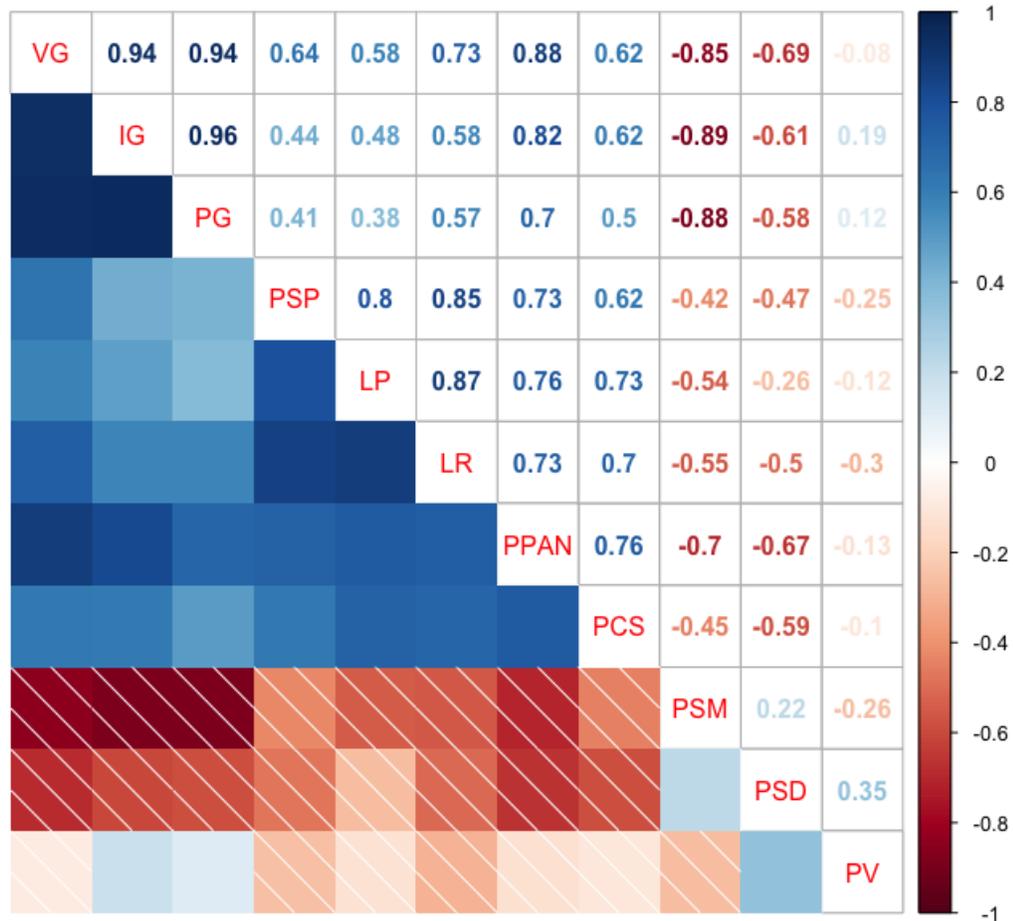


Figura 7. Correlación de variables de pruebas físicas y fisiológicas para semilla de chile piquín

CONCLUSIONES

La mayoría de los tratamientos en los que estuvo involucrado el Ácido giberélico, a excepción del Agua caliente, mostraron resultados favorables al presentar los valores más altos en las características físicas y fisiológicas deseadas.

El genotipo número 5, proveniente de Colatlán, Veracruz, mostro mayor potencial al obtener los valores deseados más representativos de este experimento, por lo que podría tener mejor adaptabilidad.

REVISION DE LITERATURA

- Almanza E., J.G. 1993. El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb). Estudio etnobotánico, biología y productividad. Tesis. Fac. Ciencias Biológicas- U.A.N.L. 72p.
- Arredondo C., A.N. (1991). Efecto del osmoacondicionamiento con soluciones de Magnesio, Cromo y ácido giberélico sobre la germinación de la semilla de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 87 p.
- Association of Official Seed Analysts. 1993. Rules for testing seeds. Journal of seed technology 16 (3): 1-113.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. 3ª reimpresión. McGraw-Hill Interamericana. 450 p.
- Bañuelos, N.,P.L. Salido y A. Grandea 2008. Etnobotánica del Chiltepín. Pequeño gran señor de la cultura Sonorense. Estudios Sociales CIAD 16(32): 177-205.
- Biorreguladores y bioestimulantes. Folleto de Agromil-V. Consultado en Marzo de 2018. <https://es.scribd.com/doc/172558118/Folleto-Agromil-V>
- Bewley, J. D. and Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press. New York. 367 p.
- Camacho, M.F. 1994. Dormición de Semillas. Causas y Tratamientos. Editorial Trillas. Primera Edición. Pp. 13 –15.
- 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.
- Carballo, C. A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. In: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. pp. 80–101.

- Cuenca, C., y Yerania, A. (2015). Métodos para romper latencia en semilla de chile ancho (*Capsicum annum* L.).
- Demir, I.; Ermis, S.; Mavi, K. and Matthews, S. 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Sci. Technol.* 36(1):21-30.
- Evans, A. S., and R. J. Cabin. 1995. Can dormancy affect the evolution of post-germination traits? The case of *Lesquerella fendern*. *Ecology* 76: 344–356.
- 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 chiltepin *Capsicum annum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill.
- Fenner, M. y K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Finch-Savage, W.E. y G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171, 501-523.
- Fitochapingo (2016). Chiltepin (*Capsicum annum* var. *Aviculare*), Consultado Marzo, 2018. <https://fitochapingo.net/chiltepin-chile-piquin-capsicum-annuum-var-aviculare/>
- Garay, A. E. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. En: *Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 2-11.
- García F., A., Montes., S., Rangel L., J. A., García M., E., y Mendoza E., M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 203-216.
- Hernández, S. V. 2004. Efecto de la luz, temperatura y ácido giberélico sobre la germinación de semillas de poblaciones de chiles silvestres. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Primer Convenio Mundial del Chile, p. 441.
- Hernández-Verdugo, S.; Sánchez-Peña, P. y Villareal Romero, M. 2006. Variación entre poblaciones y años: algunos factores que promueven o regulan la germinación de semillas en chile silvestre. 3^a. Convención Mundial de Chile. Chihuahua y Delicias, Chihuahua, México. 105-111 pp.

- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International rules for seed Testing. seed Sci. and Technol. 13 (2) : 322. Holanda.
- Koornneef, M., L. Bentsink y H. Hilhorst. 2002. Seed dormancy and germination. Current Opinion. Plant Biol. 5, 33-36.
- LFPCCS (2007) Ley federal de producción, certificación y comercio de semillas, Nueva Ley DOF 15-06-2007. Consultado Marzo, 2018. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPCCS.pdf>
- Lobo, M., Delgado, Ó., Cartagena, J. R., Fernández, E., y Medina, C. I. (2007). Categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), como apoyo a programas de conservación de germoplasma. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 231-244.
- Marín, S.J., C.J.A. Mejía, L.A. Hernández, C.A. Carballo y L.A. Peña (2007). Acondicionamiento de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Agricultura Técnica en México*. 33: 63-71.
- 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
- Miller, S. A. and Lewis, I. L. M. 2006. Hotwater treatment and chlorine treatment of vegetable seeds to eradicate bacterial plant pathogens.
- Ordaz-Chaparro, V. M. (2018). Tratamientos pregerminativos en semillas de dos especies del género *Coffea*. *Agro Productividad*, 11(4).
- Robles, L. C. P., y Gómez, A. A. G. 2008. Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*C. annuum*, var. *aviculare* Dierb.) en México. *Tecsisotecatl*, (5).
- Ramírez-Meráz, M.; Pozo, C. O. y Rodríguez del Bosque, L. A. 2003. Tecnología para inducir la germinación en chile piquín. *In*: Rodríguez del Bosque, L. A. (ed). 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. Núm. 26. 35-36 pp.
- Ramírez, M. M. 1989. Clasificación de genotipos de chile serrano *Capsicum annuum* L. según su resistencia y susceptibilidad a temperaturas altas. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 115 p.
- Ramos-Espinoza, M.G., V. Nava-Rodríguez, C. Lino-Hernández, y G. Velázquez-Olivares (2003). Efectos de imbibición, ácido giberélico y KNO_3 en la germinación de semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Memorias del X Congreso Nacional de Horticultura. SOMECH. Texcoco, Edo. De México. Octubre de 2003. México.
- Rodríguez-Del-Bosque, L. A.; Ramírez, M.; Pozo, O. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Río Bravo, Tamaulipas, México. 33 p.
- Rodríguez del B. L. A, M. Ramírez y O. Pozo (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, B.L.A. (b) 2003. Memoria del 1er Simposio Regional de Chile Piquín: Avance de Investigación en Tecnología de Producción y Uso Racional del Recurso Silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Rio Bravo. Publicación Especial Núm. 26. 54 p.
- Rodríguez Llanes, Y., Depestre Manso, T. L., y Palloix, A. (2014). Comportamiento en campo abierto de nuevos híbridos f1 y variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L.) Multirresistentes a virus. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 51-59.
- Vatova, E.j; Nabhan G., P; BoslanP., W. 2002 Conservation genetics. 2: 123-129
- Varela, S. A., y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistema Forestal Integrado*, 1-10.
- Villalón, M. H.; Medina, M. T.; Rodríguez, B. J. L.; Pozo, C. O.; Garza, O. F.; López, L. R.; Soto, R. J. M.; Lara, V. M. and López, A. R. 2002. Wild chili pepper: a potential forest resource for sustainable management in northeastern México. Proc. 16th. International Pepper Conference. Tampico, Tamaulipas, México. 15 p.