

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta Agronómica y Fisiológica al Acondicionamiento de Semilla Deteriorada del Cultivo de Chile Ancho (*Capsicum annuum* L.) Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

ISRAEL MARTÍNEZ SALDAÑA

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta Agronómica Y Fisiológica Al Acondicionamiento De Semilla Deteriorada
Del Cultivo De Chile Ancho (*Capsicum Annuum L.*) Bajo Condiciones De
Invernadero

Por:

ISRAEL MARTÍNEZ SALDAÑA

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Norma Angélica Ruíz Torres

Asesor Principal



Dr. David Sánchez Aspeytia
Coasesor

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. José Antonio Gonzáles Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por brindarme la oportunidad de vivir y ser mi guía para lograr mis metas.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por la oportunidad de formarme académicamente, por todo el apoyo que brindas a tus estudiantes para que tengamos una educación de calidad.

A la **Dra. Norma Angélica Ruiz Torres**, con admiración y respeto. Por sus consejos, por compartir su experiencia y conocimientos con sus alumnos, por todo el apoyo que me ha brindado, tanto en la realización de este experimento, como en otras etapas dentro de la universidad. De todo corazón, muchas gracias.

Al **M.C. Arnoldo Oyervides García**, por sus consejos y el apoyo que me brindó cuando lo necesité.

A todos los docentes, por compartir sus conocimientos con los alumnos, gracias a ustedes tenemos herramientas para vivir honestamente.

A mis compañeros y amigos de la carrera, porque en algún momento durante esto cuatro años compartimos experiencias, sueños y amistad, aprendiendo algo de cada persona.

DEDICATORIA

A mis padres:

Mercedes Saldaña Esquivel e Israel Martínez Loera, por todo lo que he logrado es gracias a ustedes, a sus esfuerzos, al apoyo incondicional que me han brindado siempre, por quererme, aconsejarme y confiar en mí. Los amo, son todo para mí.

A mis hermanas:

Belén y Ludivina

Porque siempre me han apoyado en todo, por brindarme su confianza y su cariño en los momentos que más lo he necesitado, siempre estaré para apoyarlas en lo que necesiten, las quiero con el corazón.

A mis abuelitos:

Consuelo Esquivel de la Peña (†) y Benjamín Saldaña Martínez (†)

Porque, aunque ya nos están con nosotros, siempre depositaron su fe y su confianza en mí, siempre supieron que lo lograría. Sé que desde el cielo vigilan mis pasos y están orgullosos de mí. Los extraño.

Concepción Loera Costilla y Santiago Martínez Pérez, por siempre brindarme su apoyo sin escatimar en esfuerzos, por sus consejos, su confianza y su fe en mí. Los quiero mucho.

A toda la familia, primos y tíos, porque nunca me dieron la espalda cuando lo necesite, siempre han estado conmigo apoyándome en mis proyectos. Gracias a todos.

ÍNDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	9
Objetivos	10
Hipótesis	10
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Producción nacional.....	11
Estados productores.....	11
Importancia de la semilla de calidad.....	11
Calidad física	12
Calidad fisiológica.....	12
Germinación	13
Vigor	14
Calidad genética	14
Calidad fitosanitaria	14
Deterioro de la semilla	15
Tratamientos para mantener o mejorar la calidad de la semilla.....	15
Hormonas vegetales.....	16
Reguladores de crecimiento sintéticos	17
Fitobolic	17
KNO ₃	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Localización experimental.....	19
Material genético	19
Tratamientos.....	20
Riego	20
Tutoreo	21
Poda	21
Control de plagas y enfermedades	22
Variables agronómicas	22
Variables fisiológicas	23

Contenido de clorofila.....	23
Modelo estadístico.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
Variables morfológicas.....	26
Variables fisiológicas	30
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA.....	36
APÉNDICE.....	42

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar el efecto de acondicionar semilla deteriorada de chile poblano (*Capsicum annum* L.), con diferentes concentraciones de productos bioestimulantes y reguladores de crecimiento como KNO_3 (99.6%), Fitobolic[®], Kinetin[®] ($\geq 98\%$), en el desarrollo, fisiología y productividad de plantas de chile ancho en invernadero.

Para la evaluación de las variables morfológicas se consideraron cinco fechas de toma de datos en las cuales se determinó la longitud, diámetro y peso de fruto de cada tratamiento. Mientras que la evaluación de las variables fisiológicas se realizó con el equipo portátil LI-COR 6400, donde se determinaron variables asociadas con la tasa de asimilación de CO_2 y mientras que la medición del índice de clorofila se realizó con el equipo SPAD 502 en cada tratamiento en tres fechas diferentes.

Con los datos obtenidos en la investigación se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) para las variables morfológicas y fisiológicas arrojando los siguientes resultados. En los cuadrados medios del análisis de varianza se encontró que para las variables longitud, diámetro y peso de fruto en la fuente de variación fechas de evaluación, diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$). La comparación de medias por fecha indicó que, la fecha cinco fue estadísticamente superior al resto de las fechas. Además, en la comparación de medias por tratamiento no se presentaron diferencias, por lo que fueron estadísticamente iguales.

En los cuadrados medios del análisis de varianza realizado para las variables fisiológicas evaluadas se encontró para la fuente de variación tratamientos, que las variables tasa de asimilación de CO_2 , conductancia estomática, CO_2 intercelular y la tasa de transpiración, no presentaron diferencias significativas. En los cuadrados medios del análisis de varianza para la medición del índice de clorofila, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para fecha de evaluación, mientras que en los demás parámetros evaluados no se observó diferencias estadísticas. Además, en la comparación de medias por fechas de evaluación y por tratamientos, no se presentaron diferencias estadísticas. a clorofila es un pigmento.

La clorofila es un pigmento verde presente en todas las células fotosintéticas, absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde. Su contenido en las hojas es un indicador de los niveles de N, por lo que en este trabajo, los niveles de más de 70 Unidades Spad, indicaron que las plantas tuvieron una nutrición adecuada, para lograr valores superiores y similares en todos los tratamientos.

Palabras clave: semilla, reguladores, fisiología, morfología.

INTRODUCCIÓN

En México el chile (*Capsicum annuum* L.) en conjunto con el maíz y el frijol, son los alimentos que más se consumen anualmente. Además, el chile es la segunda hortaliza más producida en México debido a su valor económico, alimenticio y cultural. El origen del género *Capsicum* se remonta a los años 7000 a 2500 a.C, de acuerdo a evidencias arqueológicas encontradas en Tehuacán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas, razón por la cual México es considerado como Centro de Origen y Diversidad Genética del cultivo.

Capsicum annuum L. tiene una gran variedad de tipos, entre los cuales se encuentra el chile poblano, nombrado de esa manera por ser un ingrediente básico de platillos típicos en la gastronomía del estado de Puebla. Actualmente los estados de la república que más chile poblano producen son Guanajuato, Jalisco y Puebla.

El ciclo de producción del cultivo de chile se encuentra asociado a una gran diversidad de problemáticas que limitan su desarrollo afectando su productividad, entre las principales se encuentran el mal manejo del cultivo, la falta de un sistema de producción de plántula apropiado, plagas, enfermedades, malezas, el alto costo de la semilla, la calidad de la misma, entre otros.

Dentro de la calidad de la semilla, se deben considerar diversos factores para determinar su calidad, tal como lo es, el deterioro de la semilla. Una semilla deteriorada puede afectar considerablemente diversos procesos fisiológicos de la semilla como la germinación, el vigor, la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales provenientes del embrión manifestándose en el desarrollo de la plántula, teniendo como consecuencia la pérdida de características genéticas deseables.

La semilla de chile se debe almacenar en sitios donde se tenga control de la temperatura y la humedad relativa, ya que, después de la cosecha, la semilla disminuye rápidamente su viabilidad si no se controlan estos factores. Además, hay algunas especies que pueden presentar latencia, la cual se puede romper con tratamientos a base de productos de síntesis (industriales) como bioestimulantes y

reguladores de crecimiento aplicados a las semillas, revigorizando, acelerando y haciendo uniforme la germinación de las semillas. En la presente investigación se acondicionaron semillas deterioradas de chile ancho variedad San Luis, en diferentes soluciones de productos comerciales con la finalidad de determinar los efectos en el desarrollo de las plantas bajo condiciones de invernadero.

Objetivos

- Determinar el efecto de tratar semillas de chile poblano previo a la siembra, con diferentes concentraciones de productos bioestimulantes y reguladores de crecimiento, en el desarrollo, fisiología y productividad de plantas de chile ancho en invernadero.
- Determinar si alguno de los tratamientos a semilla aplicados durante el proceso de germinación, mejora el desarrollo y establecimiento de plantas de chile ancho, a través de la evaluación de variables fisiológicas y agronómicas.

Hipótesis

- Alternativa
Al menos uno de los tratamientos a semilla, con bioestimulantes o reguladores de crecimiento, mejora el desarrollo y la productividad de las plantas de chile ancho.
- Nula
Ninguno de los tratamientos a semilla, con bioestimulantes y reguladores de crecimiento, mejora el desarrollo y productividad de las plantas de chile ancho.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción nacional

En México, el chile es una hortaliza de gran valor tanto alimenticio, económico y cultural debido a su gran diversidad de usos, ya que el consumo per cápita de chile verde en 2017 llegó a 16 kg (SAGARPA, 2017).

La producción nacional de chile verde en 2018 fue de 3,379,289.15 toneladas, destinando una superficie de 157,931.37 hectáreas para su producción, obteniendo un rendimiento promedio de 21.40 ton/ha⁻¹ (SIAP, 2018).

Estados productores

El chile verde es producido intensivamente en el país, principalmente bajo estructuras agricultura protegida, siendo Sinaloa el principal estado productor, seguido por Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Sonora, Guanajuato, Jalisco y Michoacán (SIAP, 2018).

Cortez *et al.* (2011) mencionan a Guanajuato como el principal estado productor de chile poblano, ya que contribuye con el 60% de la producción total, destinando cerca de 2,7000 ha para la producción de este fruto.

Importancia de la semilla de calidad

La calidad de la semilla, de acuerdo con la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), se refiere al grupo de características deseables, que comprende distintas cualidades, relacionados con la aptitud de la semilla al sembrarse, resultado de sus características genéticas y del conjunto de factores que afectan su desarrollo, maduración y su capacidad de almacenamiento (SNICS, 2016).

Algunas de las ventajas de utilizar semilla de calidad son: Menor desperdicio de semilla, uniformidad en la emergencia, reducción en la densidad de población de los patógenos, y mejores rendimientos.

Para evaluar la calidad de las semillas es necesario considerar todas las características deseables, que están distribuidas en cuatro componentes principales (SNICS, 2016).

Calidad física

Se refiere al grado de pureza física de la semilla, la cual se obtiene mediante un análisis de pureza, el cual consiste en separar la semilla pura de cualquier impureza como semillas de malezas, semilla de otras especies cultivadas, partículas de material vegetal o mineral, entre otras (SNICS, 2018).

Según el ISTA, los estudios de pureza en la semilla tienen como objetivo determinar:

- 1) La composición porcentual, la cual se obtiene pesando la muestra a analizar; en función de la cual se determinará la composición de la muestra de semillas.
- 2) La identificación de las diversas especies de semillas y partículas que se encuentran en la muestra.

Los análisis de pureza física consisten en obtener una muestra de interés, para que después sea homogenizada y separada, clasificando la materia inerte, las semillas de otras especies y la semilla de interés por separado. Después se obtiene el peso de cada una de las tres clasificaciones y en base al peso total de la muestra se obtiene el porcentaje de pureza de la muestra analizada (SNICS, 2018).

Calidad fisiológica

Es la propiedad que proporciona a la semilla la capacidad de germinar bajo condiciones favorables y dar origen a una nueva planta.

Según Hampton *et al.* (1995) la calidad fisiológica se refiere a “la suma total de todas aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad del lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plantas”.

Para evaluar la calidad fisiológica de las semillas se emplean distintas pruebas con la finalidad de determinar el nivel de actividad, como pruebas de viabilidad con tetrazolio, pruebas estándar de germinación y pruebas de vigor (Salinas *et al.*, 2001).

La calidad fisiológica de la semilla abarca varios aspectos como; germinación, vigor, contenido de humedad, uniformidad, emergencia y longevidad (Doria, 2010), los cuales se describen a continuación.

Germinación

Es el proceso por el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en planta, pasando por la emergencia y desarrollo de estructuras provenientes del embrión para producir una planta normal. El cual se inicia con la imbibición y termina con la elongación radicular (Pita *et al.* 1998). La germinación consta de tres etapas para que se lleve a cabo:

1) Imbibición

Es la primera etapa de la germinación e inicia con la absorción de agua a la semilla desde el exterior, proceso también conocido como imbibición. Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse sus procesos metabólicos que son indispensables para que ocurra la segunda fase de la germinación.

2) Germinación “sensu stricto”

Una vez que la semilla se ha hidratado adecuadamente, se inicia la etapa “en sentido estricto”, en la cual se reduce considerablemente la absorción de agua. Durante esta etapa se activa de una manera generalizada los metabolismos de la semilla.

3) Fase de crecimiento

En esta última fase de la germinación, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales, lo que propicia la emergencia de la plántula (Pita *et al.*, 1998).

Vigor

Propiedad de la semilla que determina el potencial biológico para obtener una germinación, buena, rápida y uniforme en campo, proporcionando un buen establecimiento del cultivo en condiciones de campo, las cuales en ocasiones no son las óptimas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y por el contrario aquellas que presentan un comportamiento pobre son consideradas semillas de bajo vigor (SNICS, 2017).

Calidad genética

Consiste en comprobar la autenticidad o validez de las semillas una determinada variedad con respecto a las de la variedad liberada. Una manera de evaluar este tipo de calidad es en base a un catálogo de descripción varietal con las características agronómicas, morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de la variedad de interés (Silva *et al.*, 2009).

Existen factores que pueden afectar la calidad genética, tales como:

Naturaleza genética, interacción genotipo ambiente, nivel de madurez de la semilla, plagas y enfermedades, y daño mecánico

Calidad fitosanitaria

Para evaluar la calidad fitosanitaria de la semilla se emplean: exámenes directos, pruebas de papel filtro, agar, etc. En este tipo de pruebas se evalúa y determina la presencia o ausencia de organismos patógenos que pudiesen causar enfermedades a la semilla. El desarrollo de estos patógenos estará determinado por las condiciones de almacenamiento, manejo de la semilla, y la presencia del inoculo del patógeno (Navarrete *et al.* 2014).

Deterioro de la semilla

La calidad de las semillas disminuye con el transcurso de tiempo y el nivel de deterioro depende de las condiciones de almacenamiento y el tiempo que transcurren almacenadas. El primer componente de la calidad que se pierde con el deterioro es el vigor, seguido por una reducción en la germinación para finalmente causar la muerte de las semillas (Ferguson, 1995).

El deterioro de la semilla, es una serie de cambios complejos ocurridos durante el almacenamiento, disminuyendo su capacidad de germinar, la velocidad de crecimiento y la tolerancia a condiciones desfavorables (Bradford, 2004). Otros de los síntomas de la semilla son, crecimiento anormal, desarrollo en las estructuras principales de las plantas, reducción de la capacidad enzimática, perjuicios a las proteínas y producción de ácidos grasos (Basavarajappa *et al.*, 1991).

El deterioro de la semilla depende de los cambios en su metabolismo, como la disminución de carbohidratos que ocurre con la longevidad de la semilla, provocando una disminución en su tasa respiratoria (Bernal y Leopold, 1992; Cruz-Pérez *et al.*, 2003)

Tratamientos para mantener o mejorar la calidad de la semilla

El tratamiento a las semillas se refiere a la aplicación de organismos biológicos o ingredientes químicos a la semilla para erradicar, controlar o alejar patógenos, insectos o cualquier tipo de plaga que cause daño a la semilla. Entre los productos aplicados se encuentran, herbicidas, inoculantes, micronutrientes, reguladores de crecimiento, etc, (DEKALB, 2019).

Para contrarrestar los efectos negativos del deterioro de la semilla, se han hecho estudios, en los que se humedece la semilla con reguladores de crecimiento, con la finalidad de aumentar la germinación y el vigor en la semilla (Butola *et al.* 2004).

Hormonas vegetales

Las fitohormonas (hormonas vegetales) son compuestos producidos por las plantas de manera natural e internamente y determinan en gran medida el desarrollo de la planta. Se forman en órganos específicos de las plantas en cantidades muy limitadas (< 1 ppm) y actúan inhibiendo, estimulando o modificando el desarrollo de las plantas. Cada fitohormona que produce la planta tiene funciones específicas, por lo que la presencia de las hormonas es de vital importancia para que la planta cumpla con su desarrollo (Díaz, 2017).

Auxinas

Las auxinas son hormonas que promueven la división celular en las partes apicales de las plantas, contrarrestando el envejecimiento de los tejidos, reduciendo el crecimiento de las yemas laterales, inhibe la caída de órganos vegetales y promueve el enraizamiento en esquejes (Díaz, 2017).

Giberelinas

Son fitohormonas que participan en la división y elongación celular, promoviendo el desarrollo de los entrenudos, crecimiento de fruto, además de regular la germinación y favorecer el desarrollo floral (Díaz, 2017).

Citocininas

Son sintetizadas principalmente en la raíz y en las partes de la planta, donde exista una intensa actividad de división celular. Contrario a las auxinas, promueve el crecimiento de las yemas axilares, estimula el crecimiento del fruto, estimula el movimiento de los nutrientes dentro de la planta y retarda el secado de hojas en la misma (Díaz, 2017).

- Kinetina

Fue la primer citocinina descubierta alrededor de los años 50, mediante un proceso de degradación de ADN espermático sometido a altas temperaturas y altas presiones (autoclave). El efecto de la Kinetina se observó rápidamente

en combinación con auxinas, en diferentes tipos de morfogénesis en plantas de tabaco bajo condiciones in vitro (Jordan *et al.*, 2006).

Etileno

Es la hormona encargada de regular los procesos de senescencia en la planta, como maduración de frutos, caída de órganos, inducción floral y germinación. En general el etileno se produce cuando se presentan condiciones climáticas adversas y es sintetizado en cualquier parte de la planta (Martínez *et al.* 2013).

Ácido abscísico (ABA)

Su función principal dentro de la planta consiste en regular el cierre y apertura de estomas, además de inhibir la germinación y el crecimiento (Martínez *et al.* 2013)

Reguladores de crecimiento sintéticos

Las plantas producen hormonas de forma natural, pero en cantidades muy pequeñas, razón por la cual es necesario producir fitohormonas sintéticamente, para poder realizar aplicaciones a los cultivos de forma extensiva (Red Agrícola, 2018).

Fitobolic

Es un bioestimulante elaborado a base de extractos vegetales, principalmente auxinas, citocininas y giberelinas. También en su fórmula contiene una gran cantidad de aminoácidos, vitaminas, micro y macronutrientes (Red Agrícola, 2017). El Fitobolic actúa de diversas formas como, estimular la formación de precursores enzimáticos y biológicos en las plantas, desarrollo y producción de plantas, facilita la recuperación de la planta a condiciones adversas e interviene en los mecanismos de regulación de la actividad endógena hormonal (Red Agrícola, 2017).

KNO₃

Fontana *et al.* (2002) consideran que el efecto del nitrato de potasio sobre la latencia está relacionado con su comportamiento como aceptor electrónico, lo cual disminuye el consumo de oxígeno y estimula la vía pentosa fosfato. Batak *et al.* (2002) indican que la relación entre aplicación exógena de nitrato de potasio y germinación es explicada por la acción de los nitratos sobre la ruta metabólica relacionada con el fitocromo. Alboresi *et al.* (2005) expresan que la aplicación exógena de nitrato, actúa como moléculas de señal en las vías metabólicas del ácido abscísico. Recientemente, la fitohormona ácido abscísico (ABA) ha sido propuesta como una de las principales señales desencadenantes del inicio de la maduración en frutos no climatéricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización experimental

La presente investigación se realizó en dos partes, la primera en el Laboratorio de Fisiología de semillas del Centro de Capacitación y desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, entre las coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 02' longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

La segunda fue el establecimiento del cultivo, lo cual se realizó en un invernadero ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Carretera Saltillo – Zacatecas km. 342+119 No. 9515 Hacienda de Buena Vista. Geográficamente ubicado entre las coordenadas 101° 01' 59'' longitud oeste y 25° 20' 41'' latitud norte, a una altitud de 1814 msnm.

Material genético

Se utilizó semilla de chile ancho Variedad San Luis, envasado en febrero de 2017, con 34 % de germinación. En laboratorio, se imbibieron semillas por 48 h, en soluciones de acuerdo al Cuadro 1. Posteriormente se sembraron entre papel Anchor humedecido con agua destilada y se colocaron dentro de una cámara bioclimática a una temperatura controlada de 25 ± 2 °C y fotoperiodo de 16 h luz y 8 h de oscuridad durante 21 días. Después se trasladaron a charolas de poliestireno de 242 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss, perlita y vermiculita en una proporción de 2:1:1, para ser ubicadas en una cámara bioclimática por 4 semanas a una temperatura controlada de 25 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad. Una vez transcurridas las 4 semanas se realizó el trasplante a invernadero, colocando las plantas en macetas de plástico de alto calibre de 5 kg, empleando suelo agrícola como sustrato. En el manejo del cultivo se realizaron deshierbes, podas, aplicación de herbicidas y plaguicidas y el sistema de riego utilizado fue por goteo.

Tratamientos

Se emplearon tres productos: KNO_3 (99.6%), Fitobolic®, Kinetin® ($\geq 98\%$), a dos concentraciones y el testigo fue agua destilada para imbibición de las semillas de chile poblano.

Cuadro 1. Tratamientos y dosis utilizadas para el acondicionamiento de la semilla de chile poblano

Tratamientos	Concentración
Testigo	Agua destilada
Kinetin® ($\geq 98\%$)	0.00 ppm
	0.50 ppm
	1.00 ppm
Fitobolic®	0.00 %
	0.50%
	1.00%
KNO_3 (99.6%)	0.00%
	2.00%
	4.00%
	6.00%

Riego

Solución nutritiva

La solución nutritiva empleada para el cultivo en invernadero, fue bajo la fórmula 196 N, 232 P, 174 K y 113 Ca. Se consideraron 2 soluciones concentradas (A y B), y su preparación fue de la siguiente manera:

Solución concentrada A

- Fosfato mono amónico (MAP) = 340 g
- Nitrato de calcio = 2080 g
- Nitrato de potasio = 1100 g

En un recipiente de plástico se midieron 6 litros de agua, disolviendo uno a uno los nutrientes, agitándolo constantemente y aforando con agua para obtener 10 litros de solución concentrada A.

Solución concentrada B

- Sulfato de magnesio = 492 g
- Sulfato de cobre = 0.48 g
- Sulfato de manganeso = 2.48 g
- Sulfato de zinc = 1.2 g
- Borax = 6.2 g
- Molibdato de amonio = 0.02 g
- Sulfato de hierro = 50 g

En un recipiente de plástico se midieron 2 litros de agua y se disolvieron los nutrientes uno a uno, agitándolo constantemente y además aforarlo con agua para obtener 4 litros de la solución concentrada B.

Para preparar 100 litros de la solución final de riego, se aplicaron las siguientes cantidades: 500 mL de solución A y 200 mL de solución B, más 50 mL de solución amortiguadora de pH.

La aplicación de la solución nutritiva en la etapa de fructificación se realizó en tres riegos, por la mañana, mediodía y por la tarde, con un aproximado de 1 litro por planta diario.

Tutoreo

Se realizaron dos tutoreos durante el ciclo del cultivo, el primero se realizó a los 39 días del trasplante y el segundo se realizó a los 84. Esta actividad consistió en sujetar un hilo de rafia de los alambres laterales a una altura de 40 y 60 cm respectivamente, para detener las plantas y evitar su acame, además de evitar la caída de frutos.

Poda

Se eliminaron los tallos laterales, esta práctica cultural se realizó cada que fue requerida, comenzando a los 20 días después del trasplante.

Control de plagas y enfermedades

Cuando la planta comenzó el proceso de fructificación, se identificó la presencia de mosquita blanca en una baja densidad, la cual además es vector de enfermedades virales. Para su control se utilizó un producto químico de acción sistémica (Confidor®), en dosis de 5 mL/L de agua, aplicando en forma de aspersion a toda la planta, una vez por semana, con lo que se disminuyó la densidad de población de la plaga.

Deficiencia de calcio, punta café del chile.

Debido a la alta humedad relativa y a las altas temperaturas, se aplicó calcio para reducir su incidencia.

Cenicilla

Esta enfermedad se presentó gracias a las altas temperaturas y a la alta humedad relativa. No se realizó ninguna aplicación para contrarrestar sus daños, debido a que se presentó en una etapa fisiológica avanzada del cultivo.

Variables agronómicas

La primera evaluación se realizó el 24 de agosto, 84 días después del trasplante, posteriormente cada dos semanas, considerando 5 fechas de toma de datos, determinando las siguientes variables en los frutos:

- Longitud.

Para determinar la longitud de los frutos se utilizó una regla graduada de 30 centímetros. De cada repetición se tomaron las muestras, eligiendo al azar 3 frutos por repetición.

- Diámetro.

Para determinar el diámetro del fruto se utilizó un Vernier y medir en mm en la parte media de cada uno de los 3 frutos seleccionados.

- Peso de 3 frutos.

Se utilizó una báscula digital para determinar el peso de tres frutos por tratamiento.



Figura 1. A) Longitud de fruto; B) Diámetro de fruto; C) Peso de tres frutos.

Variables fisiológicas

- Tasa de asimilación de CO_2 .

Con el aparato LI-COR 6400 se determinaron variables relacionadas con la tasa de asimilación de CO_2 , como conductancia estomática, CO_2 intercelular y transpiración. Para la medición de todas estas variables se seleccionó una hoja joven, verde, con por lo menos 6 cm^2 de área foliar.

Las variables determinadas fueron:

1. Tasa de asimilación de CO_2 (**A**), expresado en $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.
2. CO_2 intercelular (**C_i**) expresada en $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$.
3. Transpiración ϵ expresada en $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.
4. Conductancia estomática al H_2O (**g_s**), expresada en $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Contenido de clorofila

Se hicieron tres mediciones de índice de clorofila (Minolta SPAD 502) en cada tratamiento, eligiendo 2 hojas jóvenes, en tres fechas diferentes.

Modelo estadístico

El experimento en invernadero para evaluar por fechas de corte las variables agronómicas, se estableció utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial (8 x 5) (8 tratamientos x 5 fechas de corte) bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = respuesta de la unidad experimental; μ = media general; α_i = efecto del i-ésimo nivel del tratamiento; β_j = efecto del j-ésimo nivel de la fecha de corte; $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre α y β ; ϵ_{ijk} = error experimental.

Para el estudio fisiológico donde se determinaron variables asociadas con la tasa de asimilación de CO_2 , los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta de la unidad experimental; μ = media general; α_i = efecto del i-ésimo nivel del tratamiento; ϵ_{ij} = error experimental.

La variable índice de clorofila, se analizó en un arreglo factorial (2 x 3 x 8) (2 hojas evaluadas x 3 fechas de evaluación x 8 tratamientos) bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sigma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\sigma)_{ik} + (\beta\sigma)_{jk} + (\alpha\beta\sigma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = respuesta de la unidad experimental; μ = media general; α_i = efecto del i -ésimo nivel de la hoja; β_j = efecto del j -ésimo nivel de la fecha de evaluación; σ_k = efecto del k -ésimo nivel del tratamiento; $(\alpha\beta)_{ij}$ = interacción de factores α y β ; $(\alpha\sigma)_{ik}$ = interacción entre factores α y σ ; $(\beta\sigma)_{jk}$ = interacción entre factores β y σ ; $\alpha_i\beta_j\sigma_k$ = interacción entre factores $\alpha\beta\sigma$; ϵ_{ijkl} = error experimental.

Para el análisis de datos, se utilizó el paquete estadístico SAS Institute Inc. (2009), realizando análisis de variancia. La comparación de medias se llevó a cabo por medio de la Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El lote experimental se constituyó de tres plantas por repetición, con dos repeticiones por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del ensayo de germinación: Los mejores porcentajes de germinación se obtuvieron con KNO_3 (47%), Fitobolic 1.5 % (90 %) y Kinetin (43 %). Posteriormente, se trasplantaron las plantas a invernadero, logrando 100 % de establecimiento, determinando las siguientes variables.

Variables morfológicas

- Longitud de fruto

En los cuadrados medios del análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la fuente de variación fechas de evaluación, mientras que por tratamientos no se encontró significancia estadística (Cuadro 2). Posteriormente en la comparación de medias por fecha de determinación de la longitud del fruto se encontró que las fechas 3 y 5 (Cuadro 3) fueron estadísticamente superiores a las fechas 1, 2 y 4, con valores de 11.34 y 11.17 cm, respectivamente. Por otra parte, la comparación de medias por tratamientos (Cuadro 4), como lo indicó el ANOVA (Cuadro 2), fueron estadísticamente iguales.

- Diámetro de fruto

Los resultados obtenidos en los cuadrados medios para la variable diámetro de fruto mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre fechas de evaluación y en la interacción fechas por tratamiento (Cuadro 2), mientras que en tratamientos hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$). En la comparación de medias por fecha de evaluación, se encontró que la fecha 5 fue estadísticamente superior con respecto a las cuatro fechas anteriores (Cuadro 3) con 53.37 mm, superando inclusive a la media general. De igual manera en la comparación de medias por tratamiento se encontró que todos los datos obtenidos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 4), en concordancia con el análisis de varianza.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

F.V.	GL	LF (cm)	DF (mm)	GL	PF (g)
Fecha	4	9.76 **	2074.41 **	4	19692.49 **
Tratamiento	9	4.34 ^{NS}	86.46 *	9	819.09 ^{NS}
Fecha*Trat	36	4.17 *	92.99 **	36	2173.33 **
E.E	665	2.56	44.28	215	1213.33
C.V. (%)		14.64	13.59		20.36

**=Altamente significativo ($P \leq 0.01$), *=Significativo ($P \leq 0.05$), ^{NS}=No significativo, F.V.=Fuentes de variación, GL= Grados de libertad, Trat = Tratamiento, LF=Longitud del fruto (cm), DF=Diámetro de fruto (mm), PF=Peso de fruto (g), E. E= Error Experimental, C.V. (%) =Coeficiente de variación.

- Peso de fruto

De acuerdo con los resultados de los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro 2), se encontró para fechas de evaluación y para la interacción fecha por tratamiento diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mientras que por tratamiento no se observó diferencias estadísticas.

Después en la comparación de medias por fechas de evaluación, se encontró que la fecha 5 (Cuadro 3) fue estadísticamente superior a las cuatro fechas anteriores con 204.94 g. Mientras que, en la comparación de medias por tratamientos, no hubo diferencias estadísticas, esto es todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 4), sin embargo, las plantas obtenidas de semillas tratadas con Fitobolic (1 %), generaron los frutos de mayor peso (179.42 g), con respecto al resto de los tratamientos.

Toledo et al. (2016) indican que las variables de fruto tuvieron gran importancia en un estudio de diversidad morfológica, ya que 50% de las variables del análisis de componentes principales tuvieron relación con este órgano, seguida de variables de la estructura de la planta y precocidad.

Cuadro 3. Comparación de medias por fechas para las variables longitud de fruto, diámetro de fruto y peso de fruto, evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

Fecha	LF (cm)	DF (mm)	PF (g)
1	10.65 b	43.47 d	154.76 c
2	10.81 b	49.92 b	164.61 b c
3	11.34 a	51.19 b	174.04 b
4	10.72 b	47.20 c	156.92 b c
5	11.17 a b	53.37 a	204.94 a
□	10.93	48.95	171.06
Tukey (≤ 0.05)	0.5196	0.8788	18.99

Fechas de corte 1=24/08/18: 2=07/09/18: 3=21/09/18: 4=05/10/18: 5=23/10/18. Valores con la misma literal dentro de cada columna, son estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Comparación de medias por tratamientos para variables evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

Tratamiento	LF (cm)	DF (mm)	PF (g)
Kinetin T	11.01 a	49.98 a	169.80 a
Kinetin 0.5 ppm	11.22 a	49.08 a	165.26 a
Kinetin 1 ppm	11.11 a	49.66 a	175.06 a
KNO ₃ T	10.53 a	47.82 a	169.28 a
KNO ₃ 2 %	10.88 a	48.78 a	171.88 a
KNO ₃ 4 %	10.81 a	49.75 a	166.59 a
KNO ₃ 6 %	10.52 a	50.46 a	161.23 a
Fitobolic T	11.18 a	48.45 a	179.77 a
Fitobolic 0.5 %	10.85 a	48.45 a	170.96 a
Fitobolic 1 %	11.01 a	47.37 a	179.42 a
□	10.93	48.95	171.06
Tukey (≤ 0.05)	2.15	3.65	32.35

Valores con la misma literal dentro de cada columna, son estadísticamente iguales. T = Testigo.

Los bioestimulantes son mezclas de aminoácidos, auxinas, vitaminas y nutrientes minerales que por lo general se encuentran en bajas concentraciones, por lo que se orientan a un desarrollo general de la planta y no al manejo de una necesidad fisiológica específica. Por lo que su efecto no necesariamente se notaría en plantas con un desarrollo óptimo (Red Agrícola, 2018).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se descartó la probabilidad de que existiera algún efecto de los tratamientos con fitohormonas a los que fue sometida la semilla, en el desarrollo y productividad de la planta, por lo que el buen desarrollo y productividad de la misma, se atribuye a la solución nutritiva aplicada (190 N, 232 P, 174 K y 113 Ca) mediante el sistema de riego por goteo, ya que contiene los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de las plantas (SACSA, 2016), como lo son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) adicionados con una dosis de calcio (Ca). Con esto se administró a la planta una nutrición balanceada, con lo que se obtuvo de la planta un tallo grueso, excelente ramificación, gran cantidad de hojas y un excelente amarre de frutos (SEMINIS, 2018). Por ello Bahena *et al.* (2012), describen que un mayor grosor del tallo ayuda a que la planta tenga un mejor sistema vascular que le facilite el transporte de agua y nutrientes, mejorando y optimizando un buen desarrollo de las plantas.

El diámetro del tallo se encuentra relacionado con el número de hojas, a medida que el grosor del tallo sea de mayor longitud, este presentará una resistencia superior para soportar el peso de los frutos o algún daño causado al realizar las prácticas culturales que requiera el cultivo (Delgado y Lara, 2001).

Ouzounidou *et al.* (2010) indicaron que el ácido giberélico ha mostrado mejores resultados en la altura de la planta y en el número de frutos que otras fitohormonas. Mientras que, Ramírez-Luna *et al.* (2005) mencionan que las plantas a las que se les aplicó una dosis mayor de AG₃ tuvieron presentaron un mayor amarre de frutos y un tamaño de planta sobresaliente, sin embargo, el peso y tamaño de los frutos fue menor comparado con otros tratamientos.

Además, otro factor importante para el desarrollo óptimo de hojas, tallos, y frutos fue la temperatura, ya que los rangos para que la planta se desarrolle oscilan entre 25°C como mínimo y 40°C como máximo, mientras que la temperatura media en el invernadero fue de 35°C, lo que favoreció el desarrollo de la planta.

Variables fisiológicas

- Fotosíntesis

La capacidad fotosintética de una planta tiene relación con la cantidad de CO₂ fijado, que resultará en la síntesis de carbohidratos que serán utilizados por la planta para su desarrollo, almacenando el resto en estructuras como raíces o frutos.

En este estudio, no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables fisiológicas evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

F.V.	GL	ASIM μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	COND mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	C _i μmol CO ₂ mol aire ⁻¹	TRANS mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹
Trat	7	1.70 ^{NS}	0.0063 ^{NS}	855.70 ^{NS}	4.13 ^{NS}
E.E	48	1.48	0.0092	1050.74	6.97
C.V. (%)		9.16	39.77	12.94	26.79

**=Altamente significativo (P≤0.01), *=Significativo (P≤0.05), =No significativo, F.V.=Fuentes de variación, GL= Grados de libertad, E.E= Error Experimental, C.V. (%)=Coeficiente de variación, ASIM= Tasa de asimilación de CO₂, COND= Conductancia estomática, C_i= CO₂ intercelular, TRANS= Tasa de transpiración.

Sin embargo, se puede indicar que se observó una tasa de asimilación de CO₂ en un rango de 12.6 a 14.41 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. La tasa de asimilación de CO₂ es una variable que depende en gran medida de la conductancia estomática y la concentración de CO₂ intercelular, ya que para la entrada de CO₂ al mesófilo de la hoja se requiere que los estomas estén abiertos, y la disponibilidad va a depender

de que tan eficientemente es fijado por la enzima Rubisco. Un C_i alto indica que los estomas están abiertos, permitiendo la entrada de CO_2 , pero también pueden indicar que el CO_2 se está acumulando en el mesófilo por la baja eficiencia de la enzima Rubisco. En este estudio, se observó una tasa de asimilación estadísticamente igual en todas las plantas provenientes de semillas tratadas con diferentes productos durante el proceso de imbibición.

La tasa de transpiración mostró valores altos, ya que el rango varió de 8.39 a 10.58 $mol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$. Lo cual indica que al estar los estomas abiertos, las plantas perdían agua en forma de vapor. El agua es absorbida del suelo por las raíces y transportada en forma líquida por el xilema hacia las hojas. En las hojas, los estomas permiten la salida del vapor de agua, al tiempo que se permite la entrada de CO_2 para realizar el proceso fisiológico de la fotosíntesis. De toda el agua absorbida por las plantas, menos del 5% es retenida y utilizada para crecimiento y almacenamiento.

Cuadro 6. Comparación de medias por tratamientos para variables fisiológicas evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

Tratamiento	ASIM $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$	COND $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$	C_i $\mu mol\ CO_2\ mol\ aire^{-1}$	TRANS $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$
Kinetin 0.5 ppm	13.33 a	0.25 a	240.17 a	9.68 a
Kinetin 1 ppm	14.21 a	0.25 a	248.33 a	10.58 a
KNO3 2 %	13.30 a	0.25 a	265.17 a	9.93 a
KNO3 4 %	13.18 a	0.23 a	253.83 a	9.88 a
KNO3 6 %	12.61 a	0.21 a	241.00 a	9.05 a
Fitobolic 1 %	13.46 a	0.25 a	256.50 a	10.29 a
Fitobolic 0.5 %	12.60 a	0.19 a	232.57 a	8.39 a
Testigo	13.48 a	0.27 a	259.08 a	10.50 a
□	13.28	0.24	250.46	9.85
Tukey	2.13	0.16	12.94	4.62

Valores con la misma literal dentro de cada columna, son estadísticamente iguales. ASIM= Tasa de asimilación de CO_2 , COND= Conductancia estomática, C_i = CO_2 intercelular, TRANS= Tasa de transpiración.

- Índice de clorofila

Con los datos obtenidos en el experimento se realizó un análisis de varianza, en el cual en los cuadrados medios se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre fechas de evaluación, mientras que en las fuentes de variación hoja y tratamientos no se encontraron diferencias significancias, al igual que en las interacciones (Cuadro 7).

En la comparación de medias para fechas (Cuadro 8), se encontró que la primer y tercer fecha fueron estadísticamente superiores a la fecha 2, más sin embargo no fueron diferentes. Mientras que, en la comparación de medias para los tratamientos evaluados, no se encontraron diferencias estadísticas, por lo se consideran estadísticamente iguales (Cuadro 9).

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable fisiológica índice de clorofila, evaluada en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

F.V.	GL	CLOR
Hoja	1	59.31 ^{NS}
Fecha	2	249.02 ^{**}
Tratamiento	7	12.57 ^{NS}
Hoja*Fecha	2	127.24 ^{NS}
Hoja*Trat	7	25.10 ^{NS}
Hoja*Fecha*Trat	28	49.20 ^{NS}
E.E	276	47.74
C.V (%)		9.10

**=Altamente significativo ($P \leq 0.01$), *=Significativo ($P \leq 0.05$), ^{NS}=No significativo, F.V.=Fuentes de variación, GL= Grados de libertad, E.E= Error Experimental, C.V. (%)=Coeficiente de variación, CLOR= Clorofila

La clorofila es el pigmento fotosintético por excelencia, responsable el color verde presente en las plantas. Además, son las moléculas responsables de la transformación de la energía lumínica a energía química, durante la fotosíntesis.

Cuadro 8. Comparación de medias por medio de la prueba de Tukey para fechas y variables fisiológicas evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

Fecha	CLOR
1	77.39 a
2	74.11 b
3	76.25 a b
X	75.92
Tukey ($P \leq 0.05$)	4.81

Valores con la misma literal dentro de cada columna, son estadísticamente iguales.

La cantidad de clorofila en las hojas de las plantas está estrechamente relacionada con las condiciones nutricionales de la planta. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de N presente en la hoja.

Cuadro 9. Comparación de medias por medio de la prueba de Tukey para tratamientos evaluados en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

Tratamientos	COLOROFLA
Kinetin .5 ppm	76.12 a
Kinetin 1 ppm	75.81 a
KNO ₃ 2 %	76.68 a
KNO ₃ 4 %	76.09 a
KNO ₃ 6%	76.70 a
Fitobolic 1 %	74.99 a
Fitobolic .5 %	75.48 a
Testigo	75.69 a
□	75.92
Tukey (P≤0.05)	4.81

Valores con la misma literal dentro de cada columna, son estadísticamente iguales.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se descartó la probabilidad de que existiera algún efecto de los tratamientos a los que fue sometida la semilla durante el proceso de imbibición, en el desarrollo y productividad de la planta, por lo que el buen desarrollo y productividad de la misma, se atribuye a la solución nutritiva aplicada (190 N, 232 P, 174 K y 113 Ca), mediante el sistema de riego por goteo, ya que contenía todos los elementos esenciales para el desarrollo óptimo de las plantas.

En la evaluación de las variables agronómicas no se encontraron diferencias estadísticas por tratamientos, en las variables diámetro de fruto se encontró que la fecha 5 fue estadísticamente superior a las fechas anteriores con 53.37 mm superando al resto de los tratamientos. Por otra parte las semilla tratadas con Fitobolic fueron las que generaron mayor peso con 179.42 g, en comparación con el resto de los tratamientos, mientras que en la comparación de medias de las tres variables no presentaron diferencias estadísticas.

En las variables relacionadas con la tasa de asimilación de CO₂, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, posiblemente como resultado de la adecuada nutrición a través de la conducción del trabajo. Las diferencias en fechas de determinación están relacionadas con el desarrollo de las plantas.

El índice de clorofila, es un indicador del contenido de N, siendo estadísticamente igual para todos los tratamientos, reflejando condiciones similares de nutrición.

LITERATURA CITADA

Alboresi, A., Gestin, C., Leydecker, M., Bedu, M., Meyer, C. and Truong, H. 2005. Nitrate, a signal relieving seed dormancy in Arabidopsis. *Plant Cell and Environment* 28:200-512.

Bahena, G., A.J. Bustos, E. Broa, y M.A. Jaime, 2012. Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 4(1):19-24. Disponible en línea: https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/html/inagbi/index.php?id_articulo=13 23. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

Basavarajappa, B. S., H. S. Shetty, and H. S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Sci. Technol.* 19: 279-286.

Batak, I., Devic, M., Gibal, Z., Grubisic, D., Poff, K. and Konjevic, R. 2002. The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B- specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Seed Science Research* 12:253-259.

Bernal, L. I., and A. C. Leopold. 1992. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. *Plant Physiol.* 98: 1207-1210.

Bradford K. J. 2004. *Seed Production and Quality*. 1st edition. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. Davis, CA. USA. 134 p.

Butola, J.S. y Badola, H.K. 2004. Efecto del tratamiento previo a la siembra sobre la germinación de semillas y el vigor de las plántulas en *Angelica glauca*, una hierba medicinal amenazada. *Current Science* 87: 796-799

Cortez, E., J.G. Rivera, E. Andrio, R.G. Guevara, L. Guevara, F. Cervantes y M. Mendoza. 2011. Osmoacondicionamiento de la semilla de chile ancho y su efecto en el vigor. *Universidad y Ciencia* 27(3): 345-349.

Cruz-Pérez, A. B., V. A. González-Hernández, M. A. Mendoza-Castillo, y M. L. Ortega-Delgado. 2003. Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla en maíz. *Agrociencia* 37: 371-381.

DEKALB. 2019. Tratamiento de semillas. Disponible en línea: <https://www.dekalb.com.ar/es-ar/sobre-dekalb/tratamiento-de-semillas.html>. Fecha de consulta: Noviembre 2019.

Delgado, M.A. y H.A. Lara. 2001. Producción de chile (*Capsicum annum* L.) con cubrimiento plástico del suelo y frecuencia de riego por goteo. Universidad Autónoma de Zacatecas.

Díaz, M. D. 2017. Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Disponible en línea: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Revista Scielo*. Disponible en línea: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362010000100011. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

FERGUSON, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR. Copenhagen. [Proceedings] Zúrich: International Seed Testing Association. pp. 1-9.

Fontana, P., Riscalá, E., Rodríguez, R. y Gianfrancisco, S. 2002. Efecto de diferentes tratamientos sobre la germinación de afata (*Sida rhombifolia*). XIII

Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. pp. 45-46.

Hampton. J. G. ¿Qué significa calidad de semillas? Revista SEED News. 2001, vol.5, no. 5. Disponible en línea: http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed55/artigocapa55_esp.shtml. Fecha de consulta: Diciembre 2019.

Hampton. J. G. y D.M. Tekrony. 1995. Manual de métodos de prueba de vigor. 3a edición, ISTA. Zurich, Suiza, 117. Disponible en línea: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1270057](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1270057). Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

Jordan, M. y J. Caseretto. 2006. Hormonas y Reguladores de Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Disponible en línea: <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Martínez, D. y Torres, J. R. 2013. Manual teórico: Fisiología Vegetal. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 22 p. Disponible en línea: <http://www.biologia.buap.mx/FISIO2014.pdf>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Navarrete, R., Aranda. S., Rodríguez. M., Moya. S. y González. M. 2014. Bacterias Fitopatógenas en Semillas: Su detección y Regulación. Revista Mexicana de Fitopatología. Disponible en línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200075. Fecha de consulta: Diciembre 2019.

Ouzounidou, G.; Ilias, I.; Giannakaoula, A. and Papadopoulou, P. 2010. Comparative study on the effects of various plant growth regulators on growth, quality and physiology of *Capsicum annuum* L. *Pak. J. Bot.* 42(2):805-814. Disponible en línea: <https://pdfs.semanticscholar.org/a0ed/73d69eab13618ccfe94de28890dffe66d73.pdf>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

Pita J.M. y F. Pérez. 1998. Germinación de semillas. Ministerio de Pesca y Alimentación. Disponible en línea: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf. Fecha de consulta: Noviembre 2019.

Red Agrícola. 2018. Fitohormonas: Reguladores de crecimiento y bioestimulantes. Santiago de Chile. Disponible en línea: <http://www.redagricola.com/cl/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Red Agrícola. 2017. Fitobolic: El nuevo fitorregulador de Arysta LifeScience. Disponible en línea: <http://www.redagricola.com/cl/fitobolic-nuevo-fitorregulador-arysta-lifescience/>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Ramírez-Luna, E.; Castillo-Aguilar, C. de la C.; Aceves-Navarro, E.; Carrillo-Avila, E. Efecto De Productos Con Reguladores De Crecimiento Sobre La Floración Y Amarre De Fruto En Chile 'Habanero' *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 93-98. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912502014>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

SACSA (Servicios Agropecuarios de la Costa S.A. de C.V.). 2016. Importancia

del fósforo por las plantas. Disponible en línea: <http://www.gruposacsa.com.mx/importancia-del-fosforo-por-las-plantas/>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

Fecha de consulta: septiembre de 2018.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación agrícola 2017-2030, chiles y pimientos mexicanos. Disponible en línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf. Fecha de consulta: Agosto de 2019.

Salinas, A. R., A. M. Yoldjan, R. M. Craviotto. y V. Bizarro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Revista Scielo. Disponible en línea: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

SEMINIS. 2018. Recomendaciones para una exitosa siembra de chile. Disponible en línea: <https://www.seminis.mx/recomendaciones-para-una-exitosa-siembra-de-chile/>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: Octubre de 2019.

Silva, W. R., Alfaro, Y. J. y Jiménez, R. J. 2009. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. Disponible en línea: <file:///C:/Users/yo/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLasCaracteristicasMorfologicasYAgronom-3393591.pdf>. Fecha de consulta: Diciembre de 2019.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2018. ¿Qué es y en que consiste el análisis de pureza física de las semillas? Disponible en línea: <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-es-y-en-que-consiste-el-analisis-de-pureza-fisica-de-las-semillas?idiom=es>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. ¿Qué es el análisis de vigor de una semilla? Disponible en línea: <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-es-el-analisis-de-vigor-de-la-semilla?idiom=es>. Fecha de consulta: Diciembre 2019.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2016. Reglas para la calificación de semillas. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/snics/documentos/reglas-para-la-calificacion-de-semillas>. Fecha de consulta: Noviembre de 2019.

Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H. Antonio López, P., Guerrero Rodríguez, J. de D, Santacruz-Varela, A., Huerta-de la Peña, A. 2016. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 7, núm. 5, pp. 1005-1015.

APÉNDICE

Figura 2. Comparación de medias por fechas de corte para la variable longitud de fruto (cm) evaluada en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

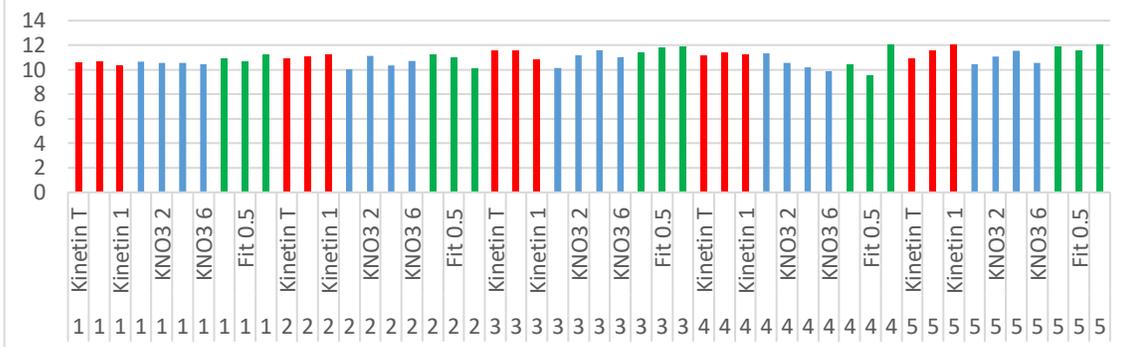


Figura 3. Comparación de medias por fechas de corte para las variable diámetro de fruto (mm) evaluadas en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

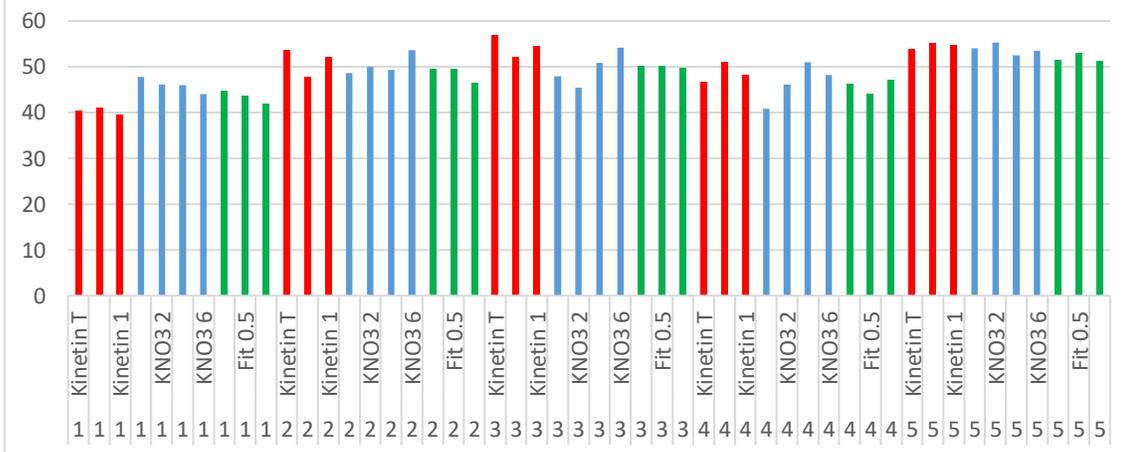


Figura 4. Comparación de medias por fechas de corte, para la variable peso de fruto (g) evaluada en invernadero, en el cultivo de chile ancho.

