

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Diferentes Extractos Sobre la Germinación de Semillas de Chile Jalapeño
(*Capsicum annuum* L.) Sometidas a Estrés Salino.

Por:

OMAR QUINTANA OCAMPO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Diferentes Extractos Sobre la Germinación de Semillas de Chile
Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Sometido a Estrés Salino.

Por:

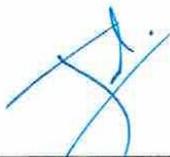
OMAR QUINTANA OCAMPO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

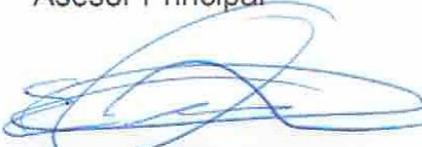
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Josué Israel García López
Asesor Principal



M.C. Rosa Maria Paredes Camacho
Asesora Principal Externa



M.C. Etelberto Cortez Quevedo
Coasesor



Dra. Laura Raquel Luna García
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2024

AGRADECIMIENTOS

Al gran arquitecto del universo por darme la oportunidad de conseguir cada meta que me he planteado durante el transcurso de la vida, por darme la oportunidad de conocer grandes personas que me ayudan y apoyan en mis proyectos, brindarme salud y energía para seguir adelante y por permitirme llegar a este momento tan importante para mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y darme la oportunidad no únicamente en lo académico, si no de darme un espacio para mi desarrollo profesional y personal, agradecer por todos los servicios que me brindo en mi estancia como estudiante en esta gran institución.

Al M.C. Etelberto Cortez Quevedo por darme su confianza además de la oportunidad con este proyecto y ser mi asesor en este proyecto de investigación, por compartirme sus conocimientos, por brindarme su paciencia y amistad en todo momento y por todo el apoyo que me brindo en la dirección de este proyecto.

A la M.C. Rosa María Paredes Camacho quien también fue parte fundamental para que se desarrollara este proyecto, por a ver brindado parte de su tiempo y de a verme apoyado cuando fue necesario y apoyo en la revisión del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Josué Israel García Lopez por haber aceptado, por contar con su valiosa participación además de ser parte de este comité por brindarme su tiempo y su apoyo necesario para la revisión

A la Dra. Laura Raquel por aceptar ser parte de mi comité de asesoría y su valiosa participación en la revisión del presente trabajo de investigación.

A los profesores del departamento de Horticultura y de los demás profesores pertenecientes a otros departamentos de la universidad, por brindarme todo el proceso de formación no únicamente en lo académico, si no en lo emocional y darme todos los consejos necesarios para una buena formación profesional.

A mis amigos que estuvieron desde mi llegada a la universidad y compañeros de carrera que me que compartimos momentos importantes e inolvidables, además de agradecer a cada una de esas personas que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, también a todo el personal de la universidad que me ayudaron en todo lo necesario y a todas esas personas que me encontré en el trayecto de mi carrera universitaria, los que me apoyaron y motivaron. Gracias.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Antonio Quintana Juárez y Margarita Ocampo Ortiz que me apoyaron en todo momento en esta aventura y que a pesar que dudaron de a ver elegido este camino estoy eternamente agradecido por esta gran oportunidad, que siempre lucharon para darme todas las posibilidades de salir a delante con mis estudios, por nunca claudicar y siempre estar cuando más los necesite.

A mis Hermanos:

Néstor Antonio Quintana Ocampo y Carlos Ángel Quintana Ocampo con son y han sido cómplices de todas mis travesuras, que a pesar de la distancia siempre he contados con ellos para un buen consejo y que igual me apoyaron para seguir adelante con este proyecto de vida y que a pesar de que cada quien eligió un camino diferente siempre están cuando uno los necesita.

A mis amigos y socios:

Rafael Lopez Perez y Adalberto Francisco Cifuentes Barrios que me apoyaron mucho para que se lograra este proyecto al darme la oportunidad de cubrirme durante mi ausencia de trabajo a la **Sra. María Elena** y la **Sra. Yamilet** que también siempre me apoyo para que se concluyera con este objetivo y que nos apoyó mucho no solamente en este proyecto, si no en los proyectos de vida.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIAS	4
ÍNDICES DE CUADROS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. JUSTIFICACIÓN	11
III. OBJETIVOS	12
3.1 Objetivo general	12
3.2 Objetivos específicos	12
IV. HIPÓTESIS	12
V. REVISIÓN DE LITERATURA	13
5.1 Distribución y origen	13
5.2 Importancia económica	15
5.3 Producción mundial de chile	15
5.4 Producción nacional del cultivo de chile	17
5.5 Clasificación taxonómica	19
5.6 MORFOLOGÍA DEL CHILE JALAPEÑO	20
5.6.1 Tipo de planta	20
5.6.2 Raíz	21
5.6.3 Tallo	21
5.6.4 Hoja	21
5.6.5 Flores	21
5.6.6 Frutos	22
5.6.7 Semillas	23
5.7 Composición química	24
5.8 Estrés en la planta y tipos de estrés	25

5.9 Estrés por salinidad	27
5.10 Germinación	28
5.11 Bioestimulantes e importancia	33
5.12 Tipos de bioestimulantes	34
5.13 Extractos vegetales y tipos de extractos	35
5.14 Residuos agroindustriales	37
5.15 Nanopartículas	38
5.15.1 Ferritas de Zinc	38
5.15.2 Uso en la agricultura de las nanopartículas metálicas	38
5.15.3 Efecto de las nanopartículas en la germinación	39
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	40
6.1 Ubicación del experimento.....	40
6.3 BIOENSAYO DE PRUEBAS DE GERMINACIÓN EN PLACAS PETRI	41
6.3.1 Establecimiento (preparación del bioestimulantes)	41
6.4 Diseño experimental y tratamientos	42
6.5 Aplicación de los tratamientos	43
6.6 Aplicación del estrés por salinidad	43
6.7 Riego	44
6.8 Registro de datos y variables de estudios.....	44
6.9 Análisis estadístico	48
VII. RESULTADOS	48
7.1 Variables agronómicas	49
7.1.1 Porcentaje de germinación	49
7.1.2. Peso Fresco (PF).....	51
7.1.3 Largo del tallo (LT).....	52
7.4.1 Largo de la Raíz (LR)	55
7.1.5 Grosor del Tallo (GT)	57
7.1.6 Peso Seco (PS).....	60
VIII. CONCLUSIONES	62
IX. LITERATURA CITADA	63

ÍNDICES DE CUADROS

CUADRO 1 PRINCIPALES PRODUCTORES A NIVEL MUNDIAL (FAO, 2020)	16
CUADRO 2 PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CHILE JALAPEÑO EN MÉXICO.	18
CUADRO 3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CHILE JALAPEÑO CAPSICUM ANNUUM L. (HEISER Y PICKERSGILL 1969).....	19
CUADRO 4 CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL CHILE CAPSICUM ANNUUM L.	24
CUADRO 5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Evolución de la superficie y producción mundial del cultivo del chile en los últimos 11 años	15
Figura 2	Principales destinos de la exportación de chiles y pimientos de México.	17
Figura 3	Morfología de chile jalapeño.	20
Figura 4	Partes del fruto del chile.	22
Figura 5	Germinación epigia del frijol (<i>Phaseolis vulgaris</i>) Rost <i>et al.</i> (1977).	28
Figura 6	Germinación hipogea del chícharo (<i>Pisum sativum</i>) Rost <i>et al.</i> (1977).	29
Figura 7	Partes de una semilla dicotiledónea y cotiledónea.	30
Figura 8	Esquema de las fases de imbibición del agua de la semilla en el proceso de germinación.....	32
Figura 9	Casca de maracuyá molida en el mortero de cerámica.	41
Figura 10	Aplicación del estrés salino a los tratamientos.....	43
Figura 11	Plantas normales.	44
Figura 12	Plantas anormales	45
Figura 13	Evaluación del Peso Fresco (PF).....	45
Figura 14	Evaluación del Largo del Tallo (LT).	46
Figura 15	Evaluación Largo de Raíz (LR).....	46
Figura 16	Evaluación del Grosor del Tallo (GT).....	47
Figura 17	Evaluación de Peso Seco (PS).....	47
Figura 18	Porcentaje de Germinación	49
Figura 19	Peso Fresco (PS).....	51
Figura 20	Largo del Tallo (LT).....	53
Figura 21	Largo de la Raíz (LR).....	55
Figura 22	Grosor del Tallo (GT)	58
Figura 23	Peso Seco (PS).	60

RESUMEN

El estrés biótico y abiótico son factores determinantes en la producción de cultivos de importancia económica, ya que estos mitigan el crecimiento y rendimiento de estos. El estrés por salinidad es uno de los principales problemas a los que se enfrentan gran superficie de plantas cultivadas a campo abierto. Por otra parte, el chile es uno de las principales especies cultivadas a campo abierto, por lo tanto, está más expuesto a índices de salinidad que afecten su producción. Debido a lo ya mencionado el objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de diferentes extractos vegetales sobre la germinación de semillas de chile jalapeño sometidas a estrés salino, donde se empleó un diseño completamente al azar con 14 tratamientos y 5 repeticiones, los cuales consistieron en un control, la aplicación de extracto de desechos de jamaica, extracto de cascara de manzana, extracto de cascara de plátano y extracto de cascara de maracuyá. Además de la aplicación de nanopartículas de Zincferrita y un producto comercial a base de algas. Las variables evaluadas fueron Porcentaje de Germinación, Peso Fresco (PF), Largo del Tallo (LT), Largo de la Raíz (LR), Grosor del Tallo (GT) y Peso Seco (PS). En cuanto a la germinación se observó que la aplicación de nanopartículas con estrés salino promovió el porcentaje de semillas, también, los resultados mostraron que en la variable PF sobresalió al aplicar extracto de residuos de jamaica, para la variable LR sobresalió donde se aplicó extracto de maracuyá con estrés salino y nanopartículas, para la variable GT sobresalió donde se aplicó extracto de cascara de plátano con estrés salino y para la variable PS sobresalió donde se aplicó extracto de maracuyá con estrés salino mostrando diferencias estadísticas significativas. Por lo que se puede concluir que la aplicación de algunos extractos favoreció el desarrollo de plántulas de tomate aun cuando se encontraban en estrés.

Palabra clave: extractos vegetales, zincferrita, estrés y germinación.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) está catalogado como una de las hortalizas de mayor relevancia en todo el mundo, ya que se encuentra ubicada entre las siete con mayor producción a nivel mundial, con un estimado de 24 millones de toneladas (Latournerie *et al.*, 2016). La producción de esta hortaliza está centrada en gran parte en la agricultura en campo abierto por lo que es susceptible a todos los factores atmosféricos, por lo cual el estrés suele ser un factor determinante en el manejo del cultivo, por su parte el estrés puede definir como cualquier factor externo o interno que puede provocar alguna respuesta fisiológicas dentro de cualquier organismo vivo, por consecuencia se pueden ver afectados en la calidad de fruto y rendimiento siendo este uno de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en la agricultura. (García 1998).

El estrés abiótico con mayor relevancia a nivel internacional y nacional es el estrés salino, debido a que este tipo de estrés se puede localizar en la mayoría de los suelos agrícolas, causando hasta un 50% de las mermas en la producción de diversos cultivos y además que las afectaciones son de un 60% de la superficie agrícola (SADER, 2021). Otro factor que incrementa de manera importante la salinidad de un suelo es el uso constante de los fertilizantes que se utilizan en las prácticas agrícolas (INIFAP, 2022). Por lo que en la actualidad se están buscando alternativas para mitigar la contaminación que ha generado la agricultura en los últimos años, por lo que se ha optado por utilizar productos orgánicos que ayuden a los agricultores a disminuir los costos de producción e igualar la producción actual sin el uso de productos químicos para obtener una buena rentabilidad, como lo son los extractos botánicos con compuestos bioactivos que incrementa el crecimiento y desarrollo de los cultivos y su tolerancia al estrés (Stefania de Pascale *et al.*, 2018). Debido a lo anterior este proyecto tuvo como objetivo la evaluación del efecto de diferentes extractos vegetales en el desarrollo de plántulas de chile jalapeño sometidas a diferentes niveles de estrés salino.

II. JUSTIFICACIÓN

La importancia económica de la demanda del consumo de chile jalapeño en fresco o procesado, aunado a su papel como uno de los principales cultivos de exportación y su consumo nacional, hacen necesario la búsqueda de alternativas que mantengan una producción óptima ya que los factores abióticos como el estrés salino que está presente en más del 60% del territorio nacional, es una de las principales limitantes para una óptima producción, ya que, la producción de este cultivo se centra en un manejo a campo abierto. Además de que dicho porcentaje aumenta con el uso de malas prácticas agrícolas como aplicaciones de fertilizantes excesivas y mal manejo del agua. Por lo anterior se buscan tecnologías con efectos ambientales mínimos y que garanticen un decremento en el factor de estrés salino que pudiera ocasionar un suelo específico en la producción agrícola, por tanto, se propone el uso de extractos botánicos que son clasificados como residuos agroindustriales, brindado así un efecto ambiental integrado, ya que se utilizan materias primas orgánicas que se clasifican como basura y se les da un proceso ecológico simple para generar extractos vegetales con potencial bioestimulante.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes extractos vegetales sobre la germinación de chile jalapeño sometido a estrés salino.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes residuos agroindustriales obtenidos de jamaica, maracuyá, manzana y plátano en la germinación de plántulas de chile jalapeño sometido a estrés salino.
- Evaluar el efecto de nanopartículas de zincferrita en la germinación de plántulas de chile jalapeño sometido a estrés salino.
- Evaluar diferentes concentraciones de salinidad y su efecto con extractos botánicos y zincferrita en la germinación de semillas de chile jalapeño.

IV. HIPÓTESIS

La aplicación de algún de los extractos botánicos y las nanopartículas de zincferrita tendrá un efecto en el incremento de la germinación de las semillas de chile jalapeño en condiciones de estrés salino.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Distribución y origen

Algunos autores mencionan que el origen del nombre del chile jalapeño tiene tres orígenes el principal que se menciona es que es atribuido a la ciudad de Jalapa o Xalapa, ubicada en el estado de Veracruz, donde se cree que originariamente se inició a cultivar dentro la república mexicana. Otro origen de su nombre se origina de una tienda llamada “La Xalapeña”, el cual sus propietarios eran productores de este tipo de chile para su venta, debido a que tenían un excedente en la producción de chiles decidieron preparar en conserva para evitar pérdidas y gracias a su aceptación se empezó a distribuir en México, por lo que se les dio en nombre de “jalapeños” haciendo referencia a nombre de dicha tienda. En México debido a su diversidad cultural y su regionalismos en su lenguaje, se maneja una variedad de nombres diferentes a un gran número de plantas y en el caso del chile jalapeño no es la excepción su nombre varía dependiendo de la región en la que nos encontremos un ejemplo claro es que en el centro del país se le conoce como chile “cuaresmeño”, este nombre se originó debido a que este tipo de chile se hacía uso de este durante la cuaresma ya que su cosecha coincidía en esta temporada (UDLAP, 2007).

El chile jalapeño pertenece a la familia solanáceae y al género *Capsicum*. La especie *C. annum* es uno de los más comercializados a nivel nacional e internacional por lo cual genera una derrama económica importante a nivel mundial. Dentro del género *Capsicum* podemos encontrar 5 especies cultivadas de gran valor económico y social dentro de esta genero podemos encontrar al *C. annum* que actualmente es la especie con mayor importancia, en la cual se encuentra el chile jalapeño, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y 25 especies silvestres. *C. annum*, esta especie se dispersó a través del mundo durante la época colonial, y se ha convertido en uno de los saborizantes más importantes en la cocina a nivel mundial. Dentro del género *Capsicum* los frutos tiene una variedad morfológica de la cual o existen varios usos y tiene una gran aceptación en diferentes regiones de México, como son el ancho, el guajillo, el jalapeño, el serrano, etc. (Castellón *et al.*, 2012).

Dentro de la república mexicana se cuenta con 64 tipos de chiles ya identificados, Oaxaca es el estado que cuenta con 25 tipos de chile, seguido del estado de Guerrero con 12 registros, Puebla con 10 y Veracruz con 9. En el norte del país los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora y la Península de Baja California cuentan con diferentes variedades de chile piquín o chiltepín (*C. annuum* var. *glabriusculum*). En México se reportan seis especies de chile jalapeño y cinco especies registradas ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2017).

En América Latina podemos encontrar la mayor diversidad genética de chile jalapeño debido a su gran importancia económica. En el año 2019 en México la producción fue de 3.2 millones de toneladas. Los estados con mayor producción a nivel nacional se encuentran Chihuahua, Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Sonora, Zacatecas y San Luis Potosí. Actualmente para el año 2022 los estados con mayor producción de chile jalapeño en México no han cambiado por lo que los estados productores siguen apostando por esta hortaliza ya que su mercado es muy versátil debido a los usos en la agroindustria y su adaptación podemos encontrar este cultivo por la mayor parte del país. (SIAP, 2010; INTAGRI, 2020; SADER, 2023).

El chile jalapeño se clasifica como una hortaliza de clima cálido ya que se adapta de una forma adecuada además permite un buen desarrollo en estas regiones que cuentan con este clima. Es sensible a las bajas temperaturas por lo que a los 17°C detiene su crecimiento, por lo que para obtener un buen desarrollo en la planta se requieren temperaturas entre 20 y 30°C. Es necesario evitar que la temperatura no baje de los 18°C, ya que se detiene el crecimiento de la planta. En el caso del chile jalapeño el tiempo de germinación va de 2 a 3 semanas (SIAP, 2015).

5.2 Importancia económica

El chile jalapeño es una hortaliza de gran importancia económica, debido a que es un ingrediente muy importante dentro de la gastronomía en México ya debido a su gran variedad de platillos y el uso agroindustrial. Puede comerse fresco, salsas, conservas o como condimento. En la agroindustria se pueden elaborar una gran variedad de productos entre ellos como: chiles congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, en pastas y en una gran variedad de salsas. De igual forma, el chile se emplea dentro de la medicina, también en la industria de los cosméticos, en la fabricación de fármacos, agroquímicos, así como ritos y ceremonias (Francely, 2019).

5.3 Producción mundial de chile

Desde el año 2008 a nivel mundial se ha registrado un aumento 2.7 % en la producción de chile jalapeño, de acuerdo con los datos que se han ido registrando desde ese año antes mencionado hasta el 2018. (Figura 1). El rendimiento promedio mundial pasó de 15.5 ton/ha en 2008 a 18.5 ton/ha en 2018 (INTAGRI, 2020).

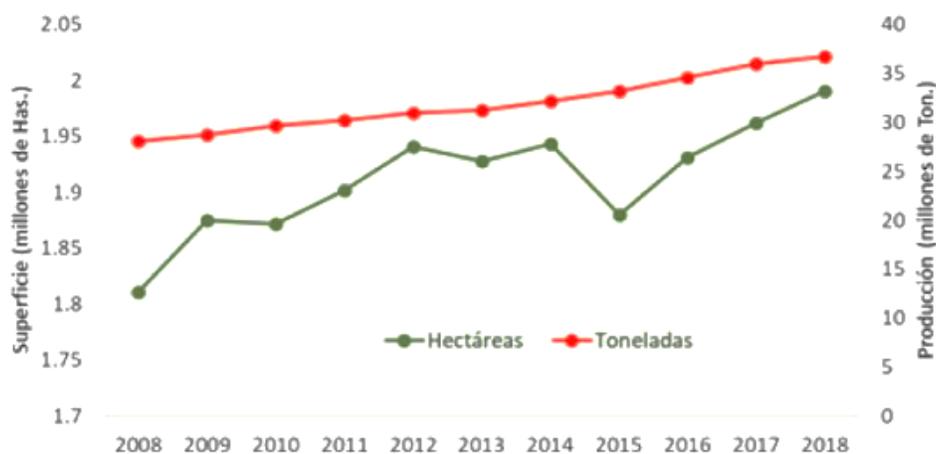


Figura 1 Evolución de la superficie y producción mundial del cultivo del chile en los últimos 11 años

Fuente: Elaborada con INTAGRI con datos de FOSTAT 2020

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel mundial es considerada una de las principales hortalizas cultivadas teniendo una producción de 36,771,482 toneladas (FAOSTAT, 2020), lo cual tuvo un crecimiento del 2.17% con respecto al 2017. La superficie cosechada del cultivo tuvo un incremento de 1.4% en el mismo año. (FAOSTAT, 2020).

Los principales productores de chile en fresco son China con 18,544,669 toneladas, México 3,289,633 toneladas, Turquía 2,653,437 toneladas, Indonesia 2,527,939 toneladas y España con 1,346,216 toneladas según la FAO en el 2020. cómo se puede observar en cuadro 1.

PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES A NIVEL MUNDIAL	
País	Toneladas
China	18,544,669
México	3,289,633
Turquía	2,653,437
Indonesia	2,527,939
España	1,346,216

Cuadro 1 Principales productores a nivel mundial (FAO, 2020)

Fuente: Elaborado con datos de la (FAO, 2020).

En todos estos países que se mencionan en el cuadro 1, la producción de chile es en fresco y esto ha detonado en un aumento en la producción en los últimos años tomando una gran relevancia a nivel internacional y, por consiguiente, se generó un incremento a la superficie cosechada logrando colocarse como una hortaliza de gran importancia económica, tal es el caso en estos dos países como Turquía y México (Fostat, 2020).

5.4 Producción nacional del cultivo de chile

Con base a las cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción en el año 2020 genero a nivel nacional una ganancia de 34 mil 012 millones de pesos, por lo que el SIAP reporta que se obtuvo un incremento del 3.8 % respecto a los 32 mil 762 millones de pesos que se registró el año previo (SIAP, 2020).

Para el año 2022 solo con la venta para Estados Unidos se generó un poco más de mil 47 millones de dólares, y se suman Canadá, España, Reino Unido, Alemania, Países Bajos, Japón, Israel, Costa Rica, Guatemala y China, entre otros (SADER 2023). La producción de chile jalapeño a nivel nacional durante el año 2020 obtuvo un crecimiento de 2.7 %, alcanzando una producción de 3 millones 324 mil 260 toneladas, con esto México se posiciona en el segundo lugar como productor a nivel mundial (SADER, 2020).

De acuerdo con las siembras y cosechas del SIAP, (2023), se contempla que existe un incremento en la superficie sembrada de 36,428.18 ha, con una producción de 690,071.82 ton. Actualmente en México se cubre el cien por ciento de la demanda interna, por consecuencia el volumen de las exportaciones a nivel nacional se incrementó un 32.5 % por lo que México por lo que se convirtió en el principal exportador de chile en fresco a nivel mundial, gracias el mayor comprador es Estados Unidos, seguido de Canadá, Guatemala, España y entre otro como se muestra la Figura 2 (SAGARPA, 2017).



Figura 2 Principales destinos de la exportación de chiles y pimientos de México.
Fuente: SAGARPA con datos de SIAP. (2017) y el SIAVI, (2017).

La producción chile jalapeño de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el año 2021 Chihuahua se ha mantenido como uno de los estados principales en la producción de chile jalapeño por lo que en 2023 este estado registro 723 mil toneladas cosechadas generando 5 mil 11 millones de pesos, con lo que obtuvo un incremento de 18.5 % con respecto al año anterior, seguido de Sinaloa, con 648 mil 222 toneladas; Zacatecas, 458 mil 943 toneladas; San Luis Potosí, 327 mil 124; Sonora, 223 mil 432 y Jalisco, 189 mil 611 toneladas como se puede observar en el cuadro 2 (INIFAP, 2021, SADER, 2023).

PRINCIPALES PRODUCTORES DE CHILE JALAPEÑO EN MÉXICO (SIAP, 2020; SADER, 2023)	
Estado	Toneladas
Chihuahua	723,000
Sinaloa	648,222
Zacatecas	458, 943
San Luis Potosí	327,124
Sonora	223,432
Jalisco	189, 611

Cuadro 2 Principales estados productores de chile jalapeño en México.

Fuente: realizados con datos de SADER, (2023).

En el caso del chile jalapeño durante el ciclo primavera-verano se obtiene el 69% de la producción anual, en este ciclo se obtiene la mayor producción a nivel nacional, mientras que ciclo con menor producción es el de otoño-invierno el cual se obtiene 31 % restante de la producción. En promedio los estados de Chihuahua, Sinaloa, Jalisco, Sonora y Zacatecas generaron el 67% de la recolección nacional entre el año 2022 (SIAP, 2015; SADER, 2023).

5.5 Clasificación taxonómica

Heiser y Pickersgill, (1969) describieron la clasificación taxonómica del chile la cual se presenta en cuadro 3:

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	Traqueobianta
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Spermatophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Capsicum annuum</i> L.
Variedad	<i>Capsicum annuum</i>

Cuadro 3 Clasificación taxonómica del chile jalapeño *Capsicum annuum* L. (Heiser y Pickersgill 1969).

5.6 MORFOLOGÍA DEL CHILE JALAPEÑO

5.6.1 Tipo de planta

La planta de chile jalapeño presenta un crecimiento inicial que es de una forma erecta (un solo tallo), hasta que obtenga 11 hojas por lo que comienza a ramificar y va de dos a tres ramas a partir de las yemas de las hojas más altas. Este chile tiene un porte que va de los .80 a 1.5 m por lo que puede variar dependiendo de la variedad, su fruto se clasifica con un picor medio-alto, aunque actualmente hay variedades con menor picor y es una planta bianual. Sus raíces son pivotantes que pueden alcanzar una profundidad de 70 a 120 cm, sus hojas son lanceolada, en cuanto a sus flores son autógamas, sus pétalos son de color blanco o lilas. El fruto es una baya, como se puede observar en la figura 3 (INTAGRI, 2020).

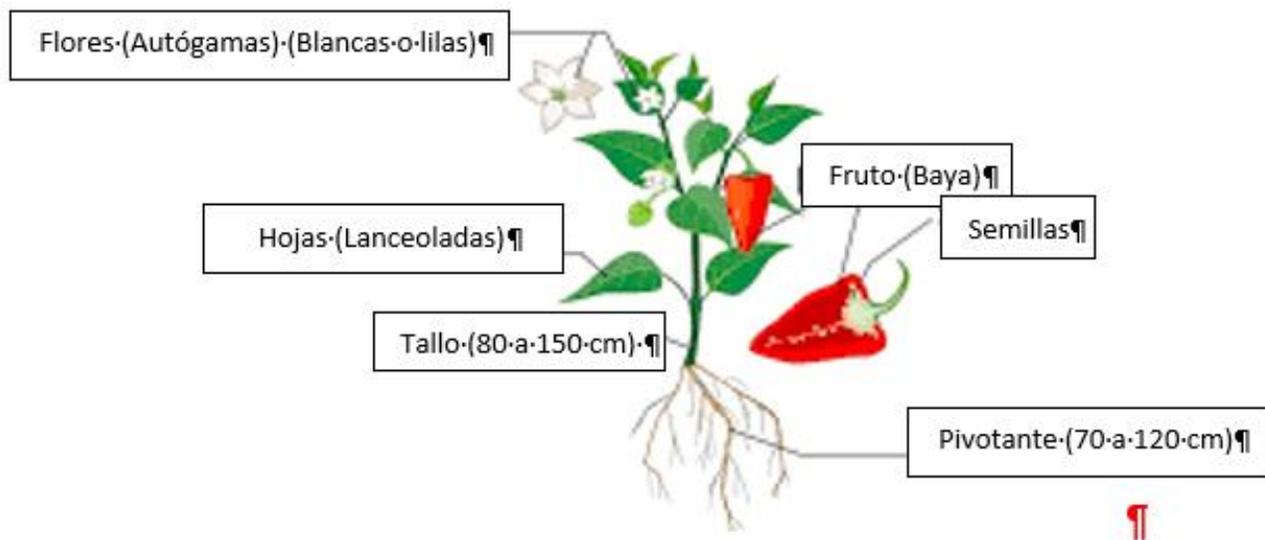


Figura 3 Morfología de chile jalapeño.
Fuente: realizados con datos INTAGRI, (2020).

5.6.2 Raíz

El chile jalapeño cuenta con un sistema radicular de tipo pivotante y profundo llegando a medir entre los 70 hasta los 120 cm, la cual es provista de varias raíces adventicias (Maroto, 1992).

5.6.3 Tallo

Tallo del chile jalapeño tiene un crecimiento limitado y de una forma erecta, la cual alcanza un porte que varía entre 80 cm a 1.5 m, en el caso de los tallos se puede tener una lignificación ligera. El tallo que presentan este tipo de plantas es erecto lo que quiere decir es que crece en un solo tallo de color verde oscuro a partir de que aparece la hoja número 11 empieza a ramificar de dos a tres ramas. (INTAGRI, 2020).

5.6.4 Hoja

Las hojas son enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo (Maroto, 1992).

5.6.5 Flores

Es una planta que se poliniza a sí misma, por eso es considerada como una planta autógama, es una flor perfecta (hermafrodita) la cual se fecunda con su propio polen en el momento de la apertura de la corola, pero es muy susceptible de tener polinización cruzada, por consecuencia se pueden obtener cosechas poco uniformes, cada tallo termina en una flor estas son formadas en cada axila de las ramas, por lo que las plantas tienen forma de cono invertido. Su flor es solitaria en algunos casos se pueden presentar de dos o más, el color puede variar, pero van desde blanco, verdoso o lila con rayas o manchas blancas dependiendo de la variedad. El cáliz acampanado y terminado en 5 dientes; la corola blanca o verdosa, a veces amarillenta o violeta, de 5 pétalos algo triangulares, unidos en la base formando un tubo corto y acampanado; estambres 5 de anteras grandes, generalmente azuladas y levemente unidas entre sí (Lesur *et al.*, 2006).

Es una planta de ciclo intermedio, su floración se puede presentar a partir de los 50 días después del trasplante y para su consumo en verde es de 100 a 120 días (INTAGRI, 2020).

5.6.6 Frutos

El fruto es una baya de pulpa firme amarilla o roja en su madurez o determinado por el tipo de variedad, cuyas partes principales son: cáliz, base, semilla, lóbulo, ápice, pericarpio, placenta o venas, hombro, glándulas y pedículo o tallo. Como se observa en la Fig. 4 (Lesur *et al.*, 2006).

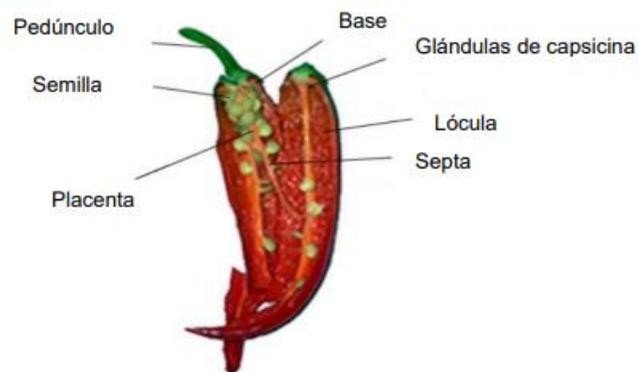


Figura 4 Partes del fruto del chile.
Fuente INTAGRI 2020

5.6.7 Semillas

Las semillas son aplastadas, redondas y lisas, ricas en aceites, pueden conservar su poder germinativo de tres o cuatro años, de un gramo de estas semillas se puede contar de 150 a 200 semillas. En general todas las semillas poseen un porcentaje de pureza esto expresa en la viabilidad de germinación por lo que en el caso del chile jalapeño va de un 80 % de pureza por lo cual el otro 20% es inservible. Cuando las semillas son recién cosechadas no germinan rápidamente por lo que se dice que se encuentran en un estado de dormancia, por lo que se deben de almacenar de dos a seis semanas con una temperatura entre 15 a 30°C para sacarlas de su letargo. Otra forma para romper con el letargo de las semillas es sumergir unas cuatro horas antes de sembrarlas, en una solución de nitrato de potasio o de ácido giberélico o aplicarlas vía riego hasta que la semilla empiece su emergencia. El periodo de germinación de las semillas de chile jalapeño va de 15 a 20 días aproximadamente para la emergencia (Lesur *et al.*, 2006). Para una buena germinación de la semilla de chile se debe mantener una temperatura de 29 a 32°C, para poder obtener una germinación más uniforme. En temperaturas inferiores a 15°C, la germinación es muy lenta y puede llegar a detener su crecimiento (CICY, 2021).

5.7 Composición química

El chile jalapeño aparte de dar sabor o ser un condimento importante en la dieta alimenticia en México, esta hortaliza nos puede proporcionar compuestos los cuales son: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina, potasio, sodio y yodo como se puede observar en el cuadro número 4 (UPLAB, 2005).

Componente	Unidad	Valor
Agua	L	85.0 a 89.0
Valor energético	Cal	40.0 a 60.0
Proteínas	g	0.9 a 2.5
Grasas	g	0.7 a 0.8
Carbohidratos	g	8.8 a 12.4
Fibra	g	2.4 a 2.9
Calcio	mg	21.0 a 31.0
Fosforo	mg	21.0 a 58.0
Hierro	mg	0.9 a 1.3
Caroteno	mg	2.5 a 2.9
Riboflavina	mg	0.11 a 0.58
Niacina	mg	1.25 a 1.47
Acido ascórbico	mg	48.0 a 60.00

Cuadro 4 Contenido Nutricional del chile *Capsicum annum* L.

Fuente: UPLAB, (2005).

Uno de los compuestos químicos que contiene el chile jalapeño son los capsaicinoides, en la actualidad este compuesto ha tomado gran relevancia debido a los aportes dentro de la agroindustria, los cuales se componen por alcaloides orgánicos y por un grupo nitrogenado. En la actualidad únicamente se ha descubierto en este género *Capsicum* y se cree que su función principal ayuda a repeler depredadores para evitar que se cumpla con la función de reproducir su especie (López *et al.*, 2019).

Este compuesto se divide en cinco grupos los cuales son: capsicina, dihidrocapsicina, nordihidrocapsicina, homocapsicina y homodihidrocapsicina, los cuales son los causantes de la pungencia o picor en los chiles. Los capsaicinoides se producen por glándulas que se encuentran en la placenta del chile, que se localiza en el parte superior justo debajo de tallo. Dentro de la agroindustria este compuesto se utiliza con mayor frecuencia en uso médico como estimulante, en la industria para la elaboración de colorantes para sustituir la flor de cempaxúchitl, cosméticos, en la industria alimenticia se tiene una mayor demandada en la industria para la preparación de algunas carnes frías como un saborizante, así también como dar un picor definido en la industria de las salsas, otros usos son la fabricación de cigarrillos, dentro de la agricultura orgánica se utiliza como repelente para algunos insectos o plagas y en la ganadería menor contra mamíferos depredadores, como sustancia activa de las pinturas para rechazar la adherencia de caracolillos (UPLAB, 2005).

5.8 Estrés en la planta y tipos de estrés

El término de estrés se puede definir como que cualquier tipo de agente actúa como estresante que por consecuencia genera una acción específica y general para cada tipo de estrés (Levitt, 1980). Por otra parte, algunos autores definen específicamente el estrés vegetal como un estado en que las plantas ocupan una mayor demanda de energía la cual su resultado se ve reflejado en una desestabilización de las funciones, posteriormente la planta puede estabilizarse y por consecuencia genera una resistencia, aunque si llegara a pasar este umbral de tolerancia o rebasar su capacidad de adaptación el resultado es un daño permanente e incluso la muerte (Larcher, 1978). Por lo que el estrés se puede definir como todo agente ambiental externo o interno que pueda afectar a las plantas en cualquier estado fenológico y por consecuencia producirá un cambio en

el metabolismo secundario y que se verá afectado en la expresión genética produciendo enzimas que están involucradas en la síntesis de compuestos como los taninos o antioxidantes por mencionar algunos (Medina *et al.*, 2015).

El estrés se clasifica en dos tipos, en estrés biótico y el estrés abiótico. El estrés biótico es acusado por un ser vivo a otro, como lo son los virus, bacterias, hongos, insectos beneficiosos o dañinos, malezas o plantas cultivadas o nativas. Las enfermedades son muy específicas ya que solo pueden presentarse en ciertas especies. Como citar un ejemplo, es que en el tizón que afecta a las hojas de los tomates no afecta a las plantas de maíz dulce. Por lo que quiere decir que este tipo de estrés se puede propagar por toda la planta y afectar a plantas cercanas que sean de la misma especie. Las formas de propagación se pueden dar por escurrimientos de agua, por el viento. Las enfermedades por estrés biótico pueden ser visibles o presentar algún signo o daño visual que puede dar una señal para una pronta intervención a diferencia del estrés abiótico (Flynn, 2003).

El estrés abiótico es todo aquel impacto negativo de factores externos que no sean producido por algún ser vivo como lo son la temperatura, la luz solar, el viento, la salinidad, las inundaciones y la sequía. El daño abiótico es el principal factor que se presentan en las plantas por ejemplo el estrés por sequía o salinidad por lo que son causantes de varios daños en las plantas. El estrés abiótico no se puede propagar de una planta a otra (Correa *et al.*, 2024).

5.9 Estrés por salinidad

La salinidad en los suelos se puede considerar un problema existente desde los inicios de origen de la tierra y en la actualidad es considerado como el mayor estrés abiótico que se puede presentar en la agricultura. Se estima que el 20% del área cultivada a nivel mundial y casi la mitad de las tierras de riego tiene problemas con este estrés abiótico. Además de ser la principal fuente de estrés para la limitante en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cualquier tipo de cultivo (Hasegawa *et al.*, 2000).

Los suelos salinos se caracterizan por presentar niveles tóxicos de cloruro de sodio y sulfato de sodio. Los valores de conductividad eléctrica en extractos saturados de suelo salino oscilan alrededor de $4.0 \text{ dS/m} \approx 40 \text{ mM NaCl}$. Los cuales suelen ser clasificados como fitotóxicos para la mayoría de los cultivos de importancia económica (Hernández, 2009).

La salinidad se clasifica en dos clases de estrés dentro de los tejidos de las plantas los cuales son el osmótico e iónico. El estrés osmótico se presenta cuando el aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, lo cual se refleja en el estado hídrico de la planta, por lo que es necesario que la planta debe mantener un potencial hídrico negativo que el sustrato para asegurar la absorción de agua (Bartels y Ramanjulu, 2005).

El estrés iónico se asocia por un aumento en la presencia de Na^+/K^+ y $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ y así como una acumulación excesiva de Na^+ y Cl^- en los tejidos, por lo que provoca un daño importante en metabolismo general de las células ocasionando que las plántulas se vean inhibido su crecimiento ocasionado por la toxicidad iónica además afectando una variedad de procesos metabólicos, incluyendo enzimas que participan en la fotosíntesis y deficiencia en la nutrición mineral (Chaman, 2007).

Los suelos saturados por sales ocasionan que los cultivos de manera visual no se vean bien estéticamente, también se ven afectados la mayoría de los procesos biológicos como son la germinación de las semillas, su vigor, crecimiento vegetativo, floración y desarrollo de frutos. De igual manera se afectarán los procesos fisiológicos de gran

importancia a nivel molecular y celular. Por ejemplo, se inhibe el crecimiento apical de la planta como de las raíces, se ve afectado la expulsión y secuestro de iones y la síntesis de solutos (Rodríguez *et al.*, 2019).

5.10 Germinación

Actualmente la germinación de las semillas está clasificada por dos tipos de germinación, de la cual va depender la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato estas se dividen en epigea e hipogea. En caso de la epigea los cotiledones sobresalen del suelo, primero se da el crecimiento de una estructura llamada hipocótilo la cual se puede localizar entre la radícula hasta la inserción de los cotiledones, los cuales ayudan a la diferenciación de los cloroplastos que van a actuar como un órgano fotosintético y el epicótilo que se encuentra de entre los cotiledones hasta las primeras hojas como se aprecia en la figura 5. En el caso de las hipogea los cotiledones se quedan en el suelo y la estructura que emerge es la plúmula la cual atraviesa el suelo, el hipocótilo puede ser corto o casi nulo, en el cual hay un alargamiento y se da la aparición de las primeras hojas verdaderas que es el primer órgano fotosintetizador como se aprecia en la figura 6 (Rost *et al.*, 1977).



Figura 5 Germinación epigea del frijol (*Phaseolis vulgaris*) Rost *et al.* (1977).
Fuente: Plant Biology Wadsworth Publishing Company.

Germinación hipogea

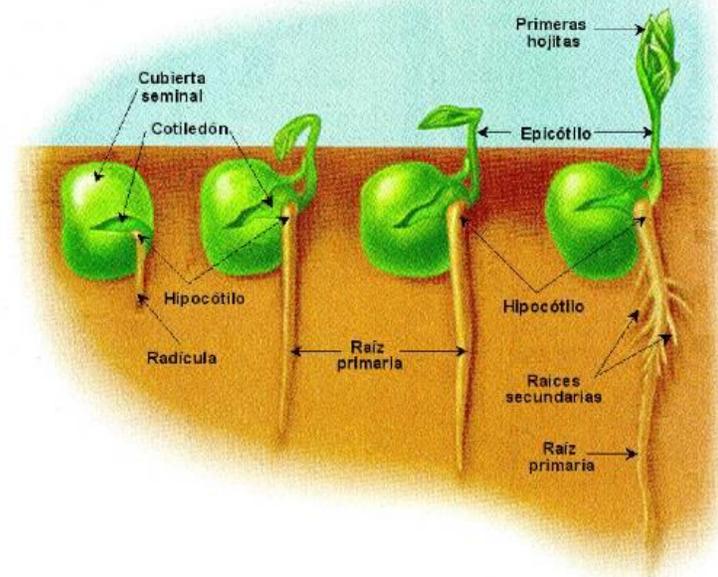


Figura 6 Germinación hipogea del chícharo (*Pisum sativum*) Rost et al. (1977).
Fuente: Plant Biology Wadsworth Publishing Company.

La semilla procede de los rudimentos seminales de la flor, ya fecundados y maduros. Su función principal de la semilla es dar origen a una nueva planta o preservar su herencia genética. La semilla consta de un embrión de la cual se formarán los cotiledones en las cuales se encuentran reservas (lípidos, proteínas, carbohidratos y compuestos orgánicos), que sirven como nutrientes una vez que inicie el proceso de germinación, estos nutrientes están almacenados en el endospermo o también conocido como alumen el cual se observa en la figura 7 (UPV, 2003).

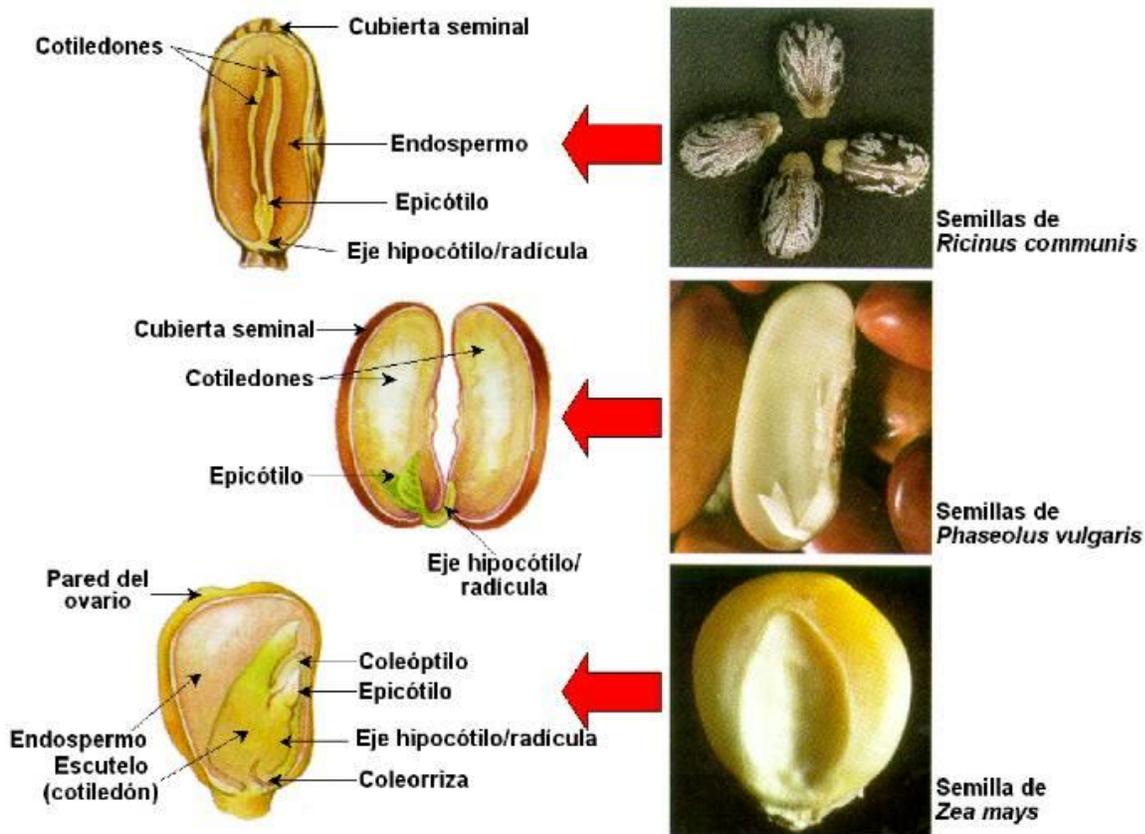


Figura 7 Partes de una semilla dicotiledónea y cotiledónea.

Fuente: More et al. (1998).

Para que una semilla germine se deben de dar varias condiciones ambientales que deben ser las óptimas para un buen desarrollo, como son temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aeróbica que beneficiara para todos los procesos metabólicos y el buen desarrollo de la plántula. La buena absorción de agua dentro de la semilla o también llamada imbibición la cual por consecuencia desencadenara varios procesos metabólicos los cuales son la respiración, la síntesis proteica y la formación de enzimas hidrolíticas que ayudan a promover la movilización de las reservas. Por lo cual dará inicio con la división y el alargamiento celular del embrión la cual provoca una ruptura en las cubiertas seminales, que por lo general inicia con la emergencia de la radícula que es por lo regular la primera estructura que aparece y en el caso de los cereales o granos la primera estructura en emerger el coleóptilo. En el caso de algunas semillas no siempre germinan esto se puede deber a que las condiciones no fueron favorables o se encuentren en estado de latencia (UPV, 2003).

La germinación se puede dividir en tres fases, las cuales son:

- 1. Fase de hidratación:** es en la cual la semilla se hidrata de una manera contante por lo cual el agua es absorbida dentro de la semilla (imbibición) por lo cual rompe su estado de latencia y por consiguiente se inicia con la hinchazón dentro de algunos tejidos, lo cual provoca un aumento de la actividad respiratoria en la cual el principal sustrato que utiliza la semilla es la sacarosa. En este proceso el agua llega hasta el embrión a través de las paredes celulares siempre con un gradiente de potencial hídrico, por caso contrario existe un exceso en la cantidad de agua suministrada en la semilla se dificultaría la respiración del embrión, lo que provocaría una reducción en la respiración y por consiguiente no se iniciaría con el proceso de germinación (Moreno *et al.*, 2006).
- 2. Fase de germinación:** Esta fase se considera como el proceso real de la germinación, en esta etapa ocurren diferentes transformaciones metabólicas necesarias para el correcto desarrollo de la plántula, hay una disminución en la absorción de agua, en ciertos casos puede llegar a pararse ya que las cubiertas seminales siguen intactas por lo cual estas impiden el paso del oxígeno como se observa en la figura 8 (Azcon- Bieto y Talon, 1993).

3. **Fase de crecimiento:** Esta es la última fase de la germinación y es donde inicia la emergencia de la radícula lo que ocasiona una ruptura en la testa. En esta fase hay un incremento en la absorción nuevamente del agua, de la misma forma la actividad respiratoria incrementa por la ruptura de la testa y con un aumento de la actividad de las mitocondrias, cuando se concluye con esta fase se reduce la actividad respiratoria. Una vez que la nueva plántula utilice las reservas almacenadas se inicia con la desintegración de los cotiledones (Azcon-Bieto, J. y Talon, M. 1993).

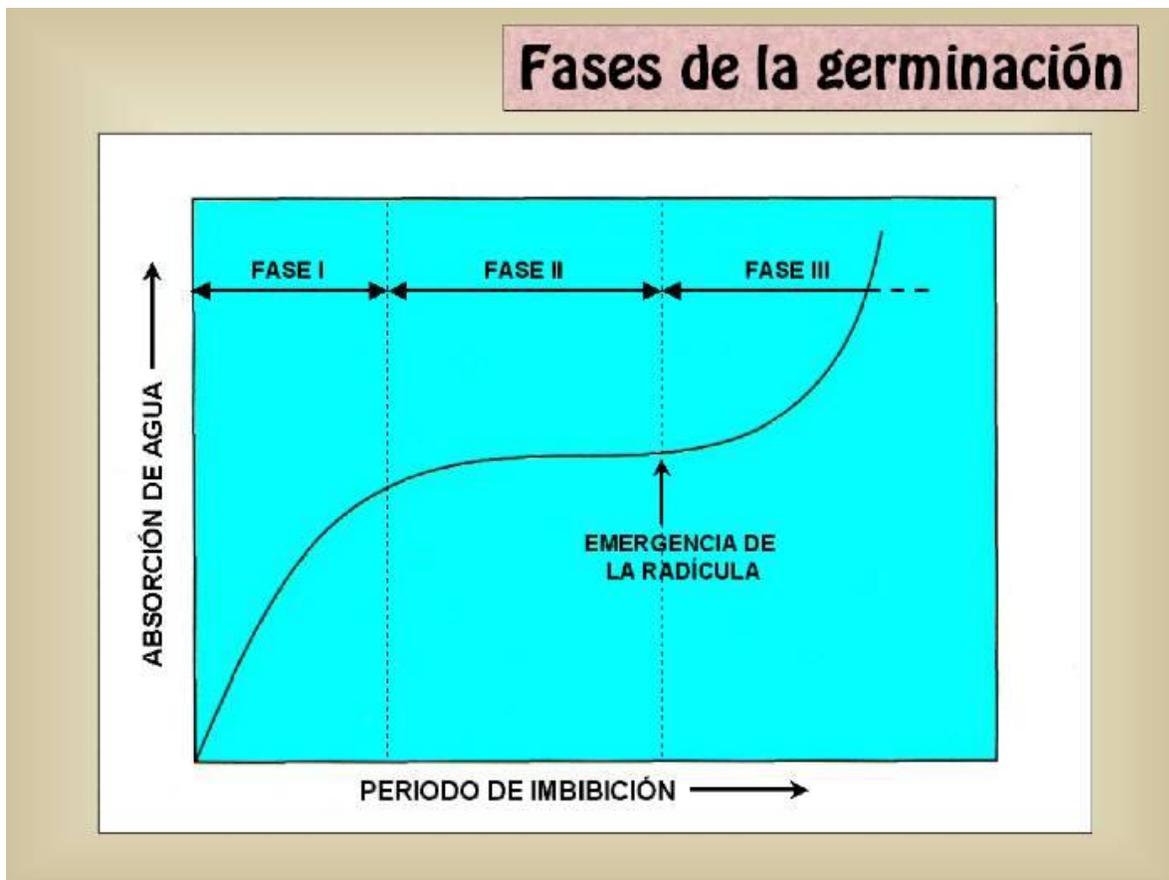


Figura 8 Esquema de las fases de imbibición del agua de la semilla en el proceso de germinación.

Fuente: Azcon-Bieto y Talon (1993)

Las semillas por lo general poseen un porcentaje de pureza esto se trata de la viabilidad de germinación por lo regular se considera que las semillas tienen de un 80% de pureza y el otro 20% es inservible. En el caso de las semillas recién cosechadas tienden a no germinar rápidamente esto se debe a que se encuentran en un estado de dormancia, por lo que se tienen que almacenar aproximadamente de dos a seis semanas a una temperatura entre 15 a 30°C para romper el estado de letargo en la que se encuentran. Para poder romper el estado de letargo de algunas semillas se pueden utilizar diversos métodos naturales o con el uso de algunos productos sintéticos, por ejemplo, podemos mencionar un método que consiste en sumergir las semillas en una solución de nitrato de potasio o ácido giberélico cuatro horas antes de siembra hasta que las semillas empiecen a emerger. En el caso de las semillas de chile jalapeño tienen un periodo de germinación largo que puede ser de 15 a 20 días aproximadamente para la emergencia (Lesur *et al.*, 2006).

La temperatura óptima para una buena germinación en las semillas de chile debe oscilar entre 29 a 32°C así obtendremos una germinación más uniforme. Cuando la temperatura es menor a 15°C la germinación de las semillas se puede detener (CICY, 2021).

5.11 Bioestimulantes e importancia

En la actualidad no se tiene una definición exacta acerca de los bioestimulantes debido que varios autores manejan diferentes puntos de vista, podemos mencionar que la definición más aceptada por la mayoría de los autores es que los bioestimulantes pueden ser sustancias o microorganismos que su función es ayudar y mejorar el desarrollo o en su caso la protección de cualquier estrés biótico o abiótico de las plantas, sin ser nutrientes o mejoradores de suelos o pesticidas (Calvo *et al.*, 2014; Du Jardin, 2015; Halpern *et al.*, 2015).

Los bioestimulantes son de gran importancia ya que puede incrementar la productividad de los cultivos agrícolas ayudando en la absorción, asimilación de nutrientes, generando tolerancia para cualquier tipo de estrés ya sea biótico o abiótico y así obteniendo una mejora en las características agronómicas del cultivo, a de más de mejoran el metabolismo de la planta estimulando la síntesis de hormonas naturales, el crecimiento

radicular, aumentando la resistencia en condiciones desfavorables que se lleguen a presentar (Guido, 2020).

5.12 Tipos de bioestimulantes

Los bioestimulantes en la actualidad siguen siendo productos novedosos en el mercado agrícola por lo que aún no existe una reglamentación concreta a nivel mundial. Estos se pueden clasificar en diferentes categorías o clasificaciones:

Ácidos húmicos y fúlvicos: Principalmente se siguen utilizando como regeneradores de suelos sin embargo algunos estudios han dado como resultado que se pueden utilizar para incrementar la producción y mejorar el desarrollo del cultivo. Las sustancias húmicas provienen de la materia orgánica de los suelos y estos son de origen natural, como resultado de la descomposición de las plantas, animales o microorganismos, además podemos obtenerlos de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo (INIFAP, 2022).

Extractos de algas: Es uno de los extractos que tiene sus usos desde el año de 1980. Anteriormente en la agricultura se utilizaba como fuente de materia orgánica y como un fertilizante. Gracias a los diferentes estudios obtenidos en la actualidad se ocupa como bioestimulante, el cual dentro del mercado ocupa el 33% en el mercado global. Existen varios tipos de algas de las cuales podemos mencionar algunas especies que se ocupan como bioestimulantes como son *Ascophyllum*, *Sargassum* y *Macrocystis gigante*. Esto ha generado un uso más comercial de estos extractos de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminarina, alginato y carragenanos además muchos de estos productos contienen compuestos que son promotores de crecimiento como son micro, macronutrientes, esteroides y hormonas (Espinosa *et al.*, 2021).

Quitosan y otros biopolímeros: El quitosano se extrae de una pequeña parte de un biopolímero de quitina, se puede obtener de forma natural o industrialmente. El efecto fisiológico este compuesto policatiónico que es capaz de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares como son el DNA. Se une a los receptores específicos que son responsables de las defensas de las plantas (INTAGRI, 2017).

Compuestos inorgánicos: Estos compuestos son promotores de crecimiento de las plantas y pueden ser beneficios para algunas especies. Una de las funciones de estos compuestos es que los elementos como Aluminio, Cobalto, Sodio, Selenio y Silicio que están presentes en el suelo, en plantas, en algunas sales inorgánicas se encuentren de forma asimilable para las plantas. Estos ayudan a reforzar las paredes celulares por los depósitos de silicio, el selenio por ejemplo ayuda al ataque de patógenos (INIFAP, 2022).

Aminoácidos: Son compuestos obtenidos principalmente por extractos biológicos regularmente de origen vegetal estos se obtienen por una hidrólisis enzimática, gracias a las investigaciones de campo se ha determinado que los aminoácidos tienen un efecto en la reducción del estrés abiótico, mejoran los procesos fotosintéticos y se han visto mejoras en el incremento de la biomasa vegetal (INTAGRI, 2017).

5.13 Extractos vegetales y tipos de extractos

Para obtener los extractos vegetales se ocupan diferentes procesos como maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias así se puede obtener los principios activos presentes en las plantas, estos principios activos son fitoquímicos o metabolitos secundarios de los cuales se pueden obtener en diferentes concentraciones y esto va depender de las cantidades que se utilicen del material vegetativo y sus beneficios son variados dependiendo de la especie que se utilice. Sus funciones principales son servir para el combate de plagas y enfermedades, estimulantes para el desarrollo vegetativo o para ayudar a la resistencia ante factores abióticos como son sequía, granizo, heladas por mencionar algunos. Su eficiencia va depender de la especie incluso de la variedad vegetal, la forma de extracción, la calidad del material vegetal y en que concentración se utilice, etc. (INIFAP, 2022).

Los principios activos se pueden clasificar en:

Alcaloides: Estos compuestos naturales son un grupo importante que se pueden encontrar en el género fabácea o también conocidas como leguminosas, los metabolitos que producen estos tipos de plantas sirven como un mecanismo de defensa contra

microorganismos fitopatógenos, herbívoros y para algunas especies causan competencia para los cultivos (Wink, 1998).

Taninos: Son sustancias que se pueden encontrar en todos los órganos de las plantas gracias a su estructura química estos compuestos altamente resistentes o fuertes que ayudan a la protección natural de las plantas contra el ataque de patógenos como hongos, bacterias y virus. Una particularidad de los taninos es que cuando se extraen de las plantas sus características permanecen intactas durante un periodo largo de tiempo (Álvarez, 1992).

Aceites esenciales: Son metabolitos secundarios que se presentan debido a una reacción por algún estrés provocado a la planta, su función principal es de protección, su poder de residual tiene intervalos muy cortos aproximados a 12 por lo cual son muy susceptibles a las altas temperaturas y luz ultravioleta por lo que se degradan con facilidad (Rodríguez *et al.*, 2012).

Heterósidos: Estos compuestos se pueden encontrar en la familia de las crucíferas y tienen una acción antiséptica (INIFAP, 2022).

Flavonoides: Su modo de acción está concentrado en las estructuras celulares y estos compuestos su función principal es regular el ciclo celular de las plantas, se sintetizan en las raíces y ayudan al establecimiento de hongos simbióticos o de micorrizas, además combaten las infecciones causadas por hongos patógenos, sirve como atrayente de insectos beneficiosos para la polinización (Pacheco *et al.*, 2021).

Saponinas: Son compuestos que se encuentran en las plantas superiores son metabolitos secundarios que ayudan a controlar enfermedades causadas por hongos y sirven para el control de algunos insectos, ya que poseen complejos minerales de hierro, zinc y calcio (Góngora *et al.*, 2023).

Sus funciones principales de los extractos es ayudar a las plantas al control de plagas y enfermedades, va depender de la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo y sobre todo de las diferentes condiciones ambientales. Funcionan como estimulantes para favorecer el desarrollo vegetativo en las diferentes etapas fenológicas, así como la

activación de sus ciclos bioquímicos. Regulan las funciones de crecimientos en las raíces, hojas, flor y fruto. Ayudan a disminuir el crecimiento de diversas plantas que sean competencia para los cultivos por lo que se debe de aplicar de forma preventiva (INIFAP, 2022).

5.14 Residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son todos los materiales o desechos que para los procesos productivos dentro de la agricultura o la agroindustria se consideran como residuos o subproductos que regularmente no son de gran utilidad y no son contemplados dentro de la materia prima en la cadena de producción (Medina *et al.*, 2015).

En los materiales residuales se pueden encontrarlos en estado sólido o líquido, los cuales son considerados desechados y no son esenciales o no forman parte de la materia prima principal, aunque en algunos casos estos subproductos se pueden aprovechar para su transformación y obtener productos con valor económico (Saval, 2012).

Estos subproductos que ya no formaron parte de la materia prima en la agroindustria son aprovechados en otra cadena de producción o como alternativa para generar nuevo producto o para la recuperación algún medio contaminado, en la actualidad los residuos que se utilizan con este fin son provenientes de frutas. (Murillo *et al.*, 2010).

Las características o composición química y biológica de los residuos van a depender de qué tipo de proceso de transformación se ocupó y la materia prima de procedencia. Este tipo de residuos como lo son tallos o restos de patatas contienen en mayores cantidades compuestos de celulosa, hemicelulosa y lignina (Saval, 2012).

Por ejemplo, en caso de las frutas estos residuos tienen compuestos fenólicos, especialmente pigmentos antocianicos de actividad antioxidante; en el caso de los residuos como cítricos, mango, banano, uva, tomate, zanahoria y remolacha presentan en su composición ingredientes bioactivos. Para el uso de este tipo de residuos es necesario conocer la composición, la calidad de sus componentes, la cantidad que se genera ya que puede generar altos costo dentro de las cadenas de producción y por eso necesario conservar las propiedades organolépticas y moleculares para obtener los resultados deseados (Vargas, 2018).

5.15 Nanopartículas

La nanotecnología es un término en evolución ya que comprende el desarrollo de muchos productos y procesos, con la característica común de la escala nanométrica. Esta escala va desde 1 nm hasta los 100 nm. Para que una partícula pertenezca a esta escala debe tener dimensiones nanométricas en más de una de sus dimensiones. Las Nanopartículas poseen dimensiones nanométricas en sus tres dimensiones, mientras que los términos “material nanoestructurado” y “nanomaterial” son más generales y se aplican a materiales cuya fabricación, o cuyas dimensiones sean controladas a nivel nanométrico. Hay tres tipos de nanopartículas: Las naturales, como las que se producen en erupciones volcánicas; las incidentales, como las emisiones de la combustión en motores; y las fabricadas, generadas a propósito con una finalidad (Medina *et al.*, 2015).

5.15.1 Ferritas de Zinc

Las ferritas son compuestos químicos que poseen propiedades ferromagnéticas, se conforman por óxidos de hierro y sus principales componentes son el Fe_2O_3 y el FeO , estos dos compuestos pueden estar unidos químicamente por algún elemento metálico (puede ser Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} o Zn^{2+}), formando así la zincferrita o ferrita de zinc (ZnFe_2O_4). Las ferritas con metales son excelentes opciones en muchas aplicaciones como lo son la catálisis, producción de hidrógeno, dispositivos electrónicos, etc. (Lozano *et al.*, 2019).

5.15.2 Uso en la agricultura de las nanopartículas metálicas

Existe poca información acerca de los usos aplicados de las nanopartículas dentro de la agricultura lo cual lo vuelve un campo de acción muy amplio. Se han utilizado para el mejoramiento de los cultivos y para mejorar la liberación de varios compuestos en pequeñas cantidades y en partes muy específicas de las plantas sin afectar otras partes o funciones de estas, en su mayoría son para el uso de pesticidas (Lira *et al.*, 2018).

Por los beneficios que aportan en distintas áreas, por ser una tecnología emergente en pleno desarrollo y por los riesgos asociados a ellas. En lo que respecta a la producción agroindustrial, por un lado, se experimenta la nanoestructuración de todo tipo de

agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas, entre otros). Por otro lado, también se avanza en el diseño de materiales funcionales para aplicaciones puntuales tales como sistemas de irrigación, plásticos “inteligentes” para embalaje, entre otros (Delgado *et al.*, 2011).

5.15.3 Efecto de las nanopartículas en la germinación

El uso de las nanopartículas podría proporcionar una fuente alternativa de fertilizantes que puede llevar a una agricultura sustentable debido a las cantidades mínimas que se ocupan, la clave es aumentar la tasa de germinación de las semillas, el cual consiste en la penetración de las nanopartículas en estas. Algunos estudios que se han realizado demuestran que tiene un buen efecto en el proceso de germinación, principalmente para especies que se encuentren amenazadas debido a su bajo poder germinativo, a un que algunos autores indican que es necesario seguir con más estudios para asegurar estos resultados a los cuales se han llegado (Khot *et al.*, 2012).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos en el Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizado en las coordenadas geográficas, 25° 21' 13" latitud norte y 101° 01' 56" longitud oeste, con una altitud de 1742 msnm. Su precipitación media anual es de 350-400 mm y una temperatura media anual de 19.8°C.

6.2 Material Vegetal

Se utilizó semilla de chile verde picante variedad Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con una pureza del 99%, con un porcentaje de germinación del 90%, tratadas con Thiram® y su origen es de USA (Estados Unidos de América). Las semillas fueron proporcionadas del área de prácticas agrícolas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

6.3 BIOENSAYO DE PRUEBAS DE GERMINACIÓN EN PLACAS PETRI

6.3.1 Establecimiento (preparación del bioestimulantes)

Para el preparado de los extractos que se ocuparon se utilizaron algunos residuos agroindustriales seleccionados previamente los cuales fueron macerados manualmente en un mortero de porcelana, las cascara previamente deshidratadas en la estufa de secado a una temperatura de 80°C los materiales que se ocuparon fueron cascara de manzana, plátano, maracuyá y la flor de jamaica los cuales previamente fueron lavados, desinfectados. Los extractos de las plantas se obtuvieron de acuerdo con la técnica reportada por Ramírez *et al.* (2001). De la muestra seca y molida de las hojas se tomaron 10 g que se colocaron en un matraz Erlen- meyer, al que se le agregaron 500 ml de metanol al 80% y se mantuvieron por 24 h en refrigeración a 5 °C, para luego filtrar el extracto usando papel filtro Whatman # 1, al filtrado se le agregaron 500 ml de metanol al 100% y se colocó durante 4 h en congelación a 5 °C, para filtrar de nuevo.



Figura 9 Casca de maracuyá molida en el mortero de cerámica.

6.4 Diseño experimental y tratamientos

El diseño del experimento fue completamente al azar con 14 tratamientos y 5 repeticiones dando un total de 70 unidades experimentales, se utilizaron un extracto de plátano, manzana, maracuyá y Jamaica, nanopartículas de zincferrita, un producto comercial y el testigo absoluto con la presencia de estrés salino y con la ausencia de este (Cuadro 5).

TESTIGOS	T1	Agua Destilada
	T2	Estrés salino sin extracto
Extracto de manzana	T3	Extracto
	T4	Estrés salino con extracto
Extracto de plátano	T5	Extracto
	T6	Estrés salino con extracto
Extracto de maracuyá	T7	Extracto
	T8	Estrés salino con extracto
Extracto de jamaica	T9	Extracto
	T10	Estrés salino con extracto
Zincferrita	T11	Nanopartículas
	T12	Estrés salino con nanopartículas
Testigo comercial (Kelplex®)	T13	Extracto
	T14	Estrés salino con extracto

Cuadro 5. Diseño Experimental.

6.5 Aplicación de los tratamientos

Para el establecimiento del experimento se utilizaron 70 contenedores de plástico de 50 mL donde se colocaron 20 semillas de chile jalapeño por contenedor, en la cual se sometieron a los diferentes extractos vegetales agregando una dosis de 8 mL/L y se dejaron en reposo durante 24 horas. Cabe señalar que los extractos vegetales fueron proporcionados, por el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Departamento de Ciencias del Suelo, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Una vez transcurrido el tiempo de reposo, se colocaron en cajas Petri 20 semillas por placa.

6.6 Aplicación del estrés por salinidad

Para inducir las semillas al estrés salino se preparó una solución donde se pesó previamente 0.003 mg (mM) de cloruro de sodio (NaCl), el cual se disolvió en 500 mL de agua destilada. Una vez transcurrido los primeros siete días que se estableció el experimento en las cajas Petri se inició el riego con la solución salina, esto con el fin de inducir las semillas al estrés salino. Esta aplicación se realizó una vez por semana durante la duración del experimento (Figura 10).



Figura 10 Aplicación del estrés salino a los tratamientos.

6.7 Riego

Los riegos se realizaron de manera periódica con agua destilada estéril evitando la pérdida de humedad en cada placa, además de evitar el exceso de agua en la placa, para evitar que las semillas flotaran.

6.8 Registro de datos y variables de estudios

El experimento se estableció el 8 de abril del 2023 en el cual se evaluó la germinación de semillas de chile desde el día uno del establecimiento del cultivo hasta los 24 días después de la siembra, cuando se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas de chile jalapeño.

Las variables que se consideraron para su evaluación de este experimento fueron:

Porcentaje de germinación. Esta variable se obtuvo al contabilizar el número de semillas germinadas, desde el día del establecimiento del experimento hasta el día 24 y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$PG = \text{Número de semillas germinadas} / \text{número de semillas sembradas} \times 100.$

Plantas normales. Para el criterio se tomó en cuenta que la raíz estuviera en buen estado y contara con los dos cotiledones, tuviera una apariencia adecuada por lo que se toma en cuenta aquellas plántulas que su tallo sea erecto y además de no presentar rupturas o se apreciara contaminación de algún agente.



Figura 11 Plantas normales.

Plantas anormales. Fueron todas aquellas que no cumplieran con las características adecuadas de las normales.

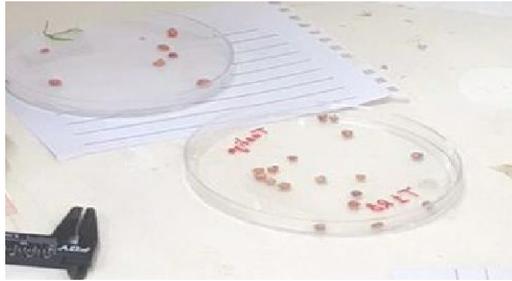


Figura 12 Plantas anormales

Peso fresco (PF). Para determinar el peso fresco se utilizó una balanza semi analítica, solo se tomó en cuenta las plántulas normales las cuales se apreciaban sus cotiledones bien formados, su tallo y raíz en buen estado. Una vez obtenido los resultados se sumó cada una de las repeticiones de cada tratamiento y el resultado se dividía por el número total de plántulas evaluadas para obtener el promedio total de cada una de las unidades experimentales.



Figura 13 Evaluación del Peso Fresco (PF).

Largo del tallo (LT). Para medir el largo del tallo se utilizó una regla y una hoja milimétrica la cual previamente se le colocó las medidas correspondientes, una vez realizado esto se midió el tallo desde la base del tallo hasta debajo de la unión de los cotiledones. Ya obtenido los resultados se sumó cada una de las repeticiones de cada tratamiento y el resultado se dividía por el número total de plántulas evaluadas para obtener el promedio total de cada una de las unidades experimentales.



Figura 14 Evaluación del Largo del Tallo (LT).

Largo de la raíz (LR). Para medir el largo de la raíz se utilizó una regla y una hoja milimétrica en la cual se trazó previamente las medidas correspondientes, en este procedimiento se tomó en cuenta desde la punta de la raíz hasta la unión del tallo una vez obtenido los resultados se sumó cada una de las repeticiones de cada tratamiento y el resultado se dividía por el número total de plántulas evaluadas para obtener el promedio total de cada una de las unidades experimentales.



Figura 15 Evaluación Largo de Raíz (LR)

Grosor del tallo (GT). Para determinar el grosor del tallo se utilizó un vernier análogo el cual su medición es milímetro o pulgada (mm/in), para poder medir se tomó en cuenta a partir de la base del tallo y esto se realizó de igual forma con cada una de las plántulas de cada tiramiento y repetición de las unidades experimentales. Una vez obtenido se sumó el total de cada repetición y se dividió por el número de plantas evaluadas para obtener un promedio total el resultado obtenido es en mm.



Figura 16 Evaluación del Grosor del Tallo (GT).

Peso seco (PS). Una vez que se terminó de hacer todas estas mediciones de las muestras por cada repetición se colocaron en papel aluminio, se etiquetaron para después colocarlas en una charola y llevarlas a la estufa de secado a una temperatura de 80°C durante 48 horas, una vez transcurrido el tiempo se pesaron para su evaluación, se realizó el peso por cada uno de las repeticiones del experimento en el caso de las anormales se colocaron en una sola muestra en papel aluminio para llevarlas a la estufa de secado para después tomar el peso total de estas.



Figura 17 Evaluación de Peso Seco (PS)

6.9 Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó en el programa InfoStat 2020, con un análisis de comparación de medias con la prueba Duncan ($p \leq 0.05$).

VII. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de este experimento muestran el efecto de la aplicación de diferentes tipos de extractos de residuos agroindustriales de maracuyá, jamaica, manzana y plátano, además del uso de nanopartículas de hierro en la germinación de plántulas de chile jalapeño sometidas a estrés salino, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas para algunas variables como peso fresco, largo de tallo, largo de raíz, diámetro de tallo y peso seco.

7.1 Variables agronómicas

7.1.1 Porcentaje de germinación

En cuanto al porcentaje de germinación como se observa en la Figura 18, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ni con respecto al control, excepto en el porcentaje de germinación donde se aplicó extracto de residuos de manzana sin estrés en comparación donde se aplicó nanopartículas con estrés salino., siendo el primero con menor porcentaje de germinación.

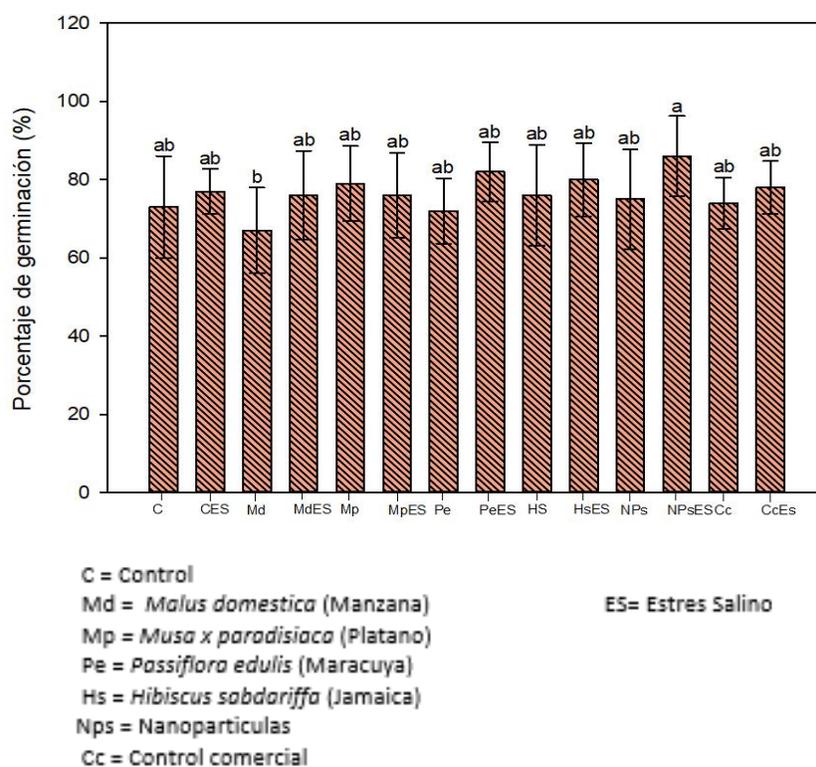


Figura 18 Porcentaje de Germinación

Figura 18 Porcentaje de germinación de semillas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial (Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras

diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

Al respecto Mohamed *et al*, (2014) al evaluar la aplicación de extractos del alga *Sargassum Vulgare* bajo estrés salino, reporto que cuando las semillas fueron sumergidas en el extracto y posteriormente se les aplico estrés salino, el porcentaje de germinación de incremento en comparación con las semillas que fueron tratadas con extractos, pero sin estrés salino y en general reporto que el porcentaje de germinación disminuyo en concentraciones altas de estrés salino. En comparación con este estudio donde solo se evaluó una dosis de estrés salino, se observó que las semillas que presentaron mayor porcentaje de germinación fueron donde se aplicó nanopartículas con estrés salino y donde se encontró menor porcentaje de germinación fue donde se aplicó extracto de residuos de manzana sin estrés, lo cual es un poco similar al estudio antes mencionado.

Shamya *et al*. (2020), encontraron que la aplicación de algas marinas sobre la germinación de semillas de *Capsicum annuum* L., aumentaron en una 60, 65 y 75% de la germinación, esto debido a la presencia de compuestos bioactivos presentes en los extractos de algas. En comparación con este estudio la aplicación de extractos no tuvo diferencias significativas con el testigo y el porcentaje de germinación fue mayor donde se aplicó nanopartículas, esto se puede deber al igual que en el estudio antes mencionado, debido a la presencia de los compuestos presentes en el extracto.

7.1.2. Peso Fresco (PF)

Con respecto a la variable del peso fresco (PF), se observaron diferencias estadísticas significativas con el tratamiento con extracto de jamaica (T9) el más efectivo en términos de peso fresco con 73 % en comparación con los tratamientos con el menor peso fresco obtenido, mientras que el extracto de maracuyá de igual manera presenta potencial para incrementar el peso fresco de plántulas de chile. Respecto a la salinidad podemos observar que no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero si un decremento en el peso fresco en el tratamiento control con salinidad respecto al resto de tratamientos (Figura 19).

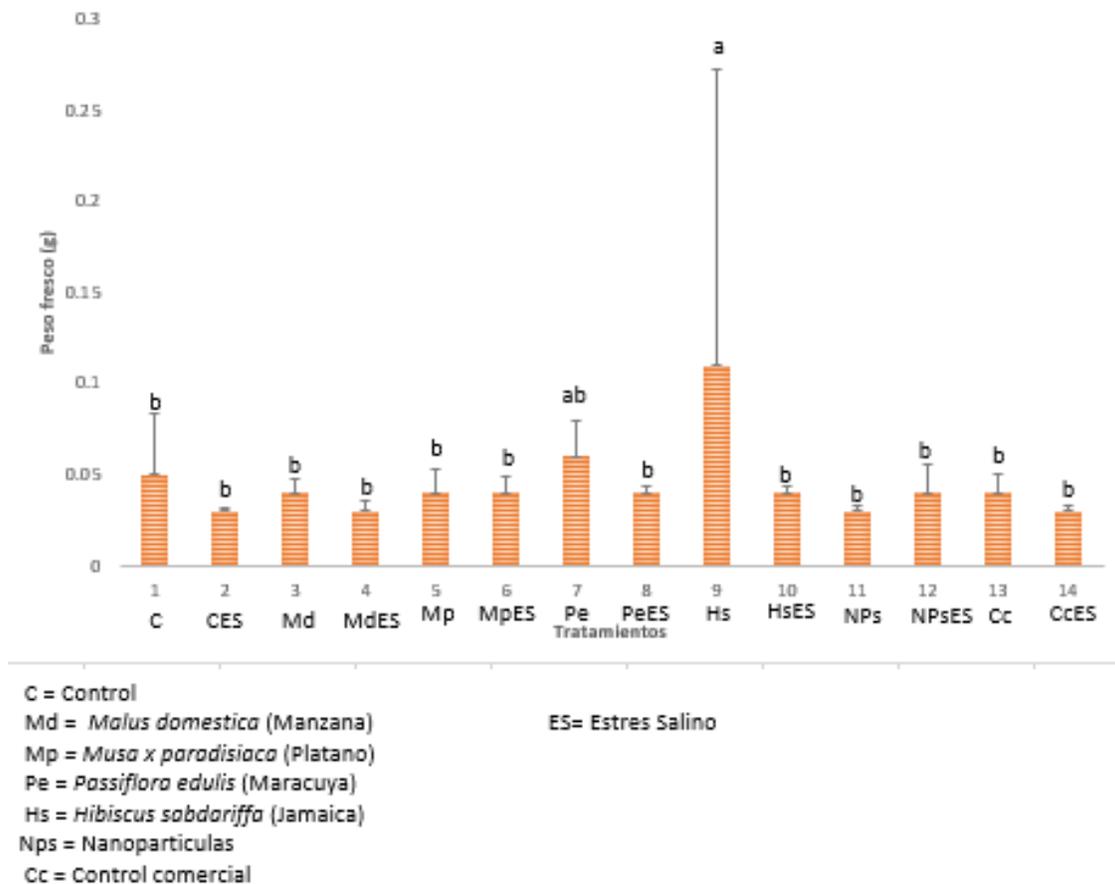


Figura 19 Peso Fresco (PS)

Figura 19. Peso fresco de plántulas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial

(Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

Por lo que podemos coincidir con lo que reporta Morales *et al.* (2023) que en las aplicaciones con bioestimulantes microbianos y con Nanopartículas ZnO a 50mg/L en riego directo (Drench) se demostró que existe un incremento en el peso fresco en el caso de plántulas de tomate hasta un 40% y de igual forma con el trabajo realizado por Achón Forno *et al.* (2014) el cual solo evaluó el peso fresco de la parte aérea (PFPA) en plántulas de sorgo donde utilizaron cuatro niveles de conductividad eléctrica (0, 2, 4 y 6 dS/m) , donde trataron las semilla con 6% de aminoácidos libres y vía foliar 30% de aminoácidos, sus resultados indicaron un incremento de hasta 64% en el peso fresco de la parte aérea a partir de 2 dS/m, estos datos no coinciden con los encontrados en este trabajo ya que el uso de aminoácidos es bien sabido que potencializan el efecto antiestrés por parte de las plantas. Por su parte Villalba *et al.* (2023) en su trabajo realizado con extracto de hojas de frutilla para la germinación de semilla de lechuga, en el cual se usaron en diferentes concentraciones, y encontraron que los tres tratamientos con las dosis más bajas del extracto de frutilla tuvieron mejores resultados en las variables de pesos estos tratamientos las cuales fueron 10 mgPF/mL, 1 mgPF/mL y 0.5 mgPF/mL (Peso Fresco de hoja por mL.). Sus resultados de igual forma son un tanto similares a los encontrados en esta investigación, pero se puede indicar que las variaciones responden a los tipos de materias primas utilizadas y a los diferentes métodos de extracción de compuestos.

7.1.3 Largo del tallo (LT)

En la figura 20 se pueden apreciar los resultados obtenidos para la variable largo de tallo, donde existen diferencias estadísticas significativas, siendo el mejor tratamiento el número 12 que corresponde al uso de nanopartículas de zincferrita con estrés salino, teniendo un 27 % más respecto al tratamiento con el menor largo de tallo que corresponde a la concentración menor de nanopartículas, mientras que los tratamientos 8 y 9 de igual forma destacan como extractos potenciales para incrementar el largo de

plántulas de chile que corresponden a los extractos de maracuyá y jamaica respectivamente. Una vez la tendencia indica para esta variable que no existe un efecto estadístico significativo en los tratamientos con estrés salinos en comparación con aquellos sin dicho estrés (Figura 16).

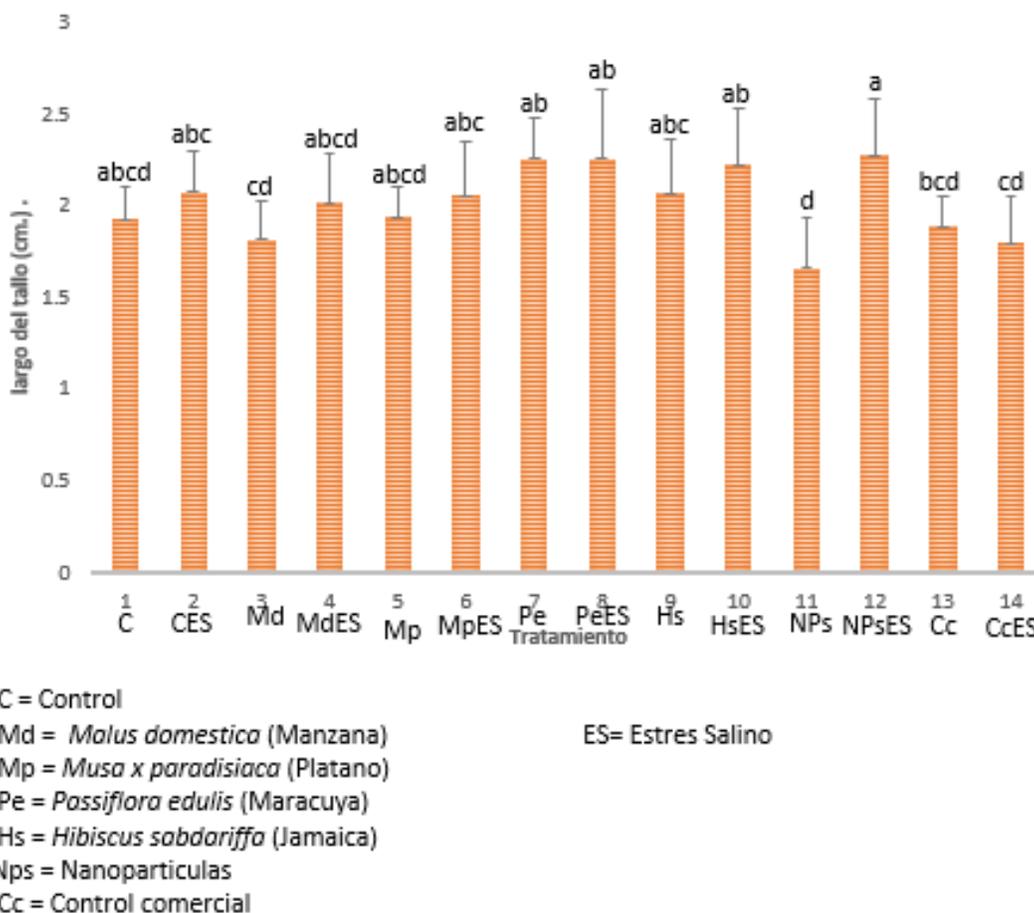


Figura 20 Largo del Tallo (LT)

Figura 20. Largo de tallo de plántulas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial (Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

En el trabajo realizado por Baños *et al.* (2022) evaluaron dos extractos de neem uno con el uso de hoja y el otro con el uso de las semillas a concentraciones de 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% respectivamente, además cada tratamiento se realizó a diferentes niveles de pH y CE, se sumergieron las semillas durante 1 minuto en 2.0 ml en las concentraciones correspondientes a cada extracto, se observó que entre los dos extractos no hubo diferencia significativa pero si con respecto al control, sus resultados no coinciden con los encontrados en esta investigación ya que nuestro tratamiento control fue estadísticamente similar a los extractos utilizados, esto pudiera atribuirse a los diferentes compuestos de los materiales y a la método de extracción. Por otra parte, por lo reportado por Venegas-Vera *et al.* (2011) indican que el uso de lixiviados de vermicompost de estiércol bovino con una relación de 2:10 y 1:10 obtuvo diferencias significativas en la variable de largo del tallo con una altura de 30.0 y 28.85 cm promedio. De la misma forma podemos mencionar el trabajo Carrillo-Lomeli *et al.* (2023) que menciona que con el uso de biorreguladores de ácido giberelico (AG) el cual fue su mejor tratamiento aplicando a 75mg L⁻¹ de AG obteniendo 145.5 cm. con una diferencia significativa con el control, este experimento se realizó en plantas de chile morrón. Estos dos últimos trabajos forman parte del grupo de bioestimulantes en caso de lixiviado y de fitohormonas el de AG, donde los autores lograron proporcionar datos estadísticos positivos en parámetros de largo de tallo, debido a su naturaleza química diversa y compleja y de los compuestos utilizados.

7.4.1 Largo de la Raíz (LR)

En la figura número 21 se pueden apreciar los resultados obtenidos para la variable longitud de raíz, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas, donde el tratamiento con el promedio más alto para esta variable fue el extracto de maracuyá con estrés salino obteniendo una diferencia del 52% respecto al tratamiento control que resultó ser el que aportó el menor crecimiento para la longitud de raíz, por su parte las nanopartículas de hierro mostraron un efecto positivo en el crecimiento radicular mostrando un incremento de 51 % respecto al control comercial siendo estadísticamente igual al extracto de maracuyá. Mientras que el resto de los extractos botánicos mostraron un efecto positivo general para esta variable en plántulas de chile sometidas a estrés salino (Figura 21).

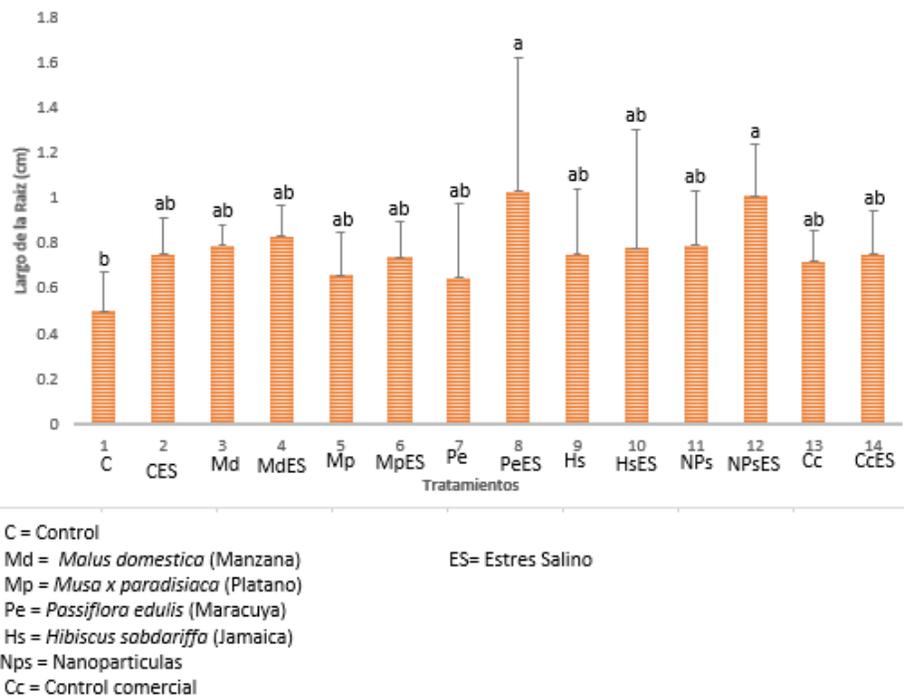


Figura 21 Largo de la Raíz (LR)

Figura 21. Largo de raíz de plántulas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial (Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

En el trabajo realizado por Garsaball *et al.* (2007) utilizaron extracto de zacate para la germinación de semillas de maíz, utilizando diferentes concentraciones, las cuales fueron 2%, 4% y 6% del extracto de zacate, en los cuales no existió una diferencia significativa aludiendo a que dicho efecto puede deberse a efectos alelopáticos del zacate con respecto a las plántulas de maíz, indicando que ciertos compuestos o concentraciones de ellos pueden aportar efectos negativos en su aplicación a los cultivos. Por su parte Landín *et al.* (2024) en su investigación compararon dos hongos benéficos y un tratamiento de fitohormonas en plantas de papaya en el cual su mejor tratamiento fue la aplicación de micorrizas (4g) obteniendo una diferencia significativa en la variable del largo de la raíz a diferencia del control y los otros tratamientos, esto puede ser a que las micorrizas funcionan como una extensión de la raíz y, por tanto, favorecen dicha variable. Respecto a nuestros resultados encontramos que esta variable se vio en general beneficiada con el uso de los diferentes extractos de residuos agroindustriales y las nanopartículas.

7.1.5 Grosor del Tallo (GT)

En la figura 21 se presentan los efectos de diferentes tratamientos en la variable grosor de tallo bajo diversas condiciones, incluyendo el uso de nanopartículas y estrés salino. El control (C) muestra una altura promedio de 1.12 cm, comparando este valor con los otros tratamientos, podemos observar que varios tratamientos como Md, MdES, Mp, PeES, HsES, NPs, y CC tienen alturas similares sin diferencias significativas, mientras que Tratamientos como MpES (1.47 cm) y Pe (0.97 cm) muestran diferencias notables con respecto al control, indicando efectos positivos y negativos del estrés salino y la ausencia de estrés en diferentes especies. El tratamiento con *Musa x paradisiaca* bajo estrés salino T6 (MpES) resultó en la mayor altura (1.47 cm) presenta una diferencia de 31.2 % respecto al control, lo que sugiere que esta especie podría tener mecanismos efectivos para tolerar o incluso beneficiarse del estrés salino, en contraste, *Passiflora edulis* sin estrés salino (Pe) mostró la menor altura (0.97 cm), lo que podría indicar que esta especie requiere condiciones específicas para un óptimo crecimiento. Los tratamientos con nanopartículas (NPs y NPES) no mostraron diferencias significativas en comparación con el control, sugiriendo que las nanopartículas no tienen un efecto negativo ni positivo considerable en las condiciones evaluadas (Figura 22).

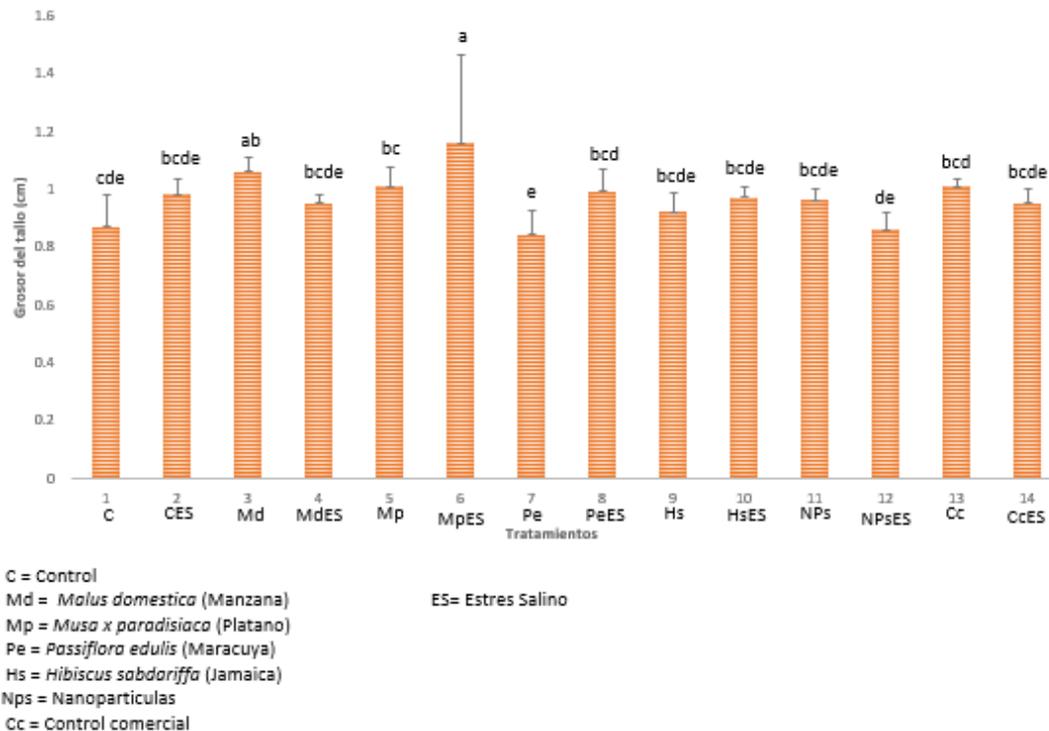


Figura 22 Grosor del Tallo (GT)

Figura 22. Grosor de tallo de plántulas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial (Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

En la investigación realizada por Ugarte-Barco *et al.* (2022) reportan que con el uso de cinco bioestimulantes comerciales Inicium®, Pro-Fulvic®, StresSal® Equilibrium®, de los cuales se usaron algunos de forma individual y en combinación, encontraron que el tratamiento 5 compuesto por (StresSal® al 1.5% + Equilibrium® a 0.5%), obtuvo el mayor diámetro de pseudotallo (5.30 cm), pero sin diferencias con el tratamiento 4 (StresSal® 1.5%), por lo que incluso entre los bioestimulantes comerciales no siempre se obtienen efectos positivos, pese a que estos ya estén disponibles en el mercado, esto

pudiendo atribuirse a diferentes parámetros de aplicación como foliar o drench, horario de aplicación, clima o incluso la especie vegetal utilizada para su evaluación. A demás cabe mencionar que con el trabajo de Luna *et al.* (2013) utilizaron cepas bacterianas MA06 (*Bacillus megaterium*) y MA12 (*Bacillus subtilis*), sumergidas en 10 ml para la inoculación, donde el tratamiento con MA12 fue el que tuvo una diferencia significativa en relación al control, por lo que se observó aumentaron de manera significativa el diámetro del tallo por lo que se obtuvieron resultados similares en la aplicación de *Bacillus subtilis* hasta un 37% más que los controles, esto solo nos abre el abanico de la diversidad de compuestos organicos que pueden utilizarse como herramienta de control y mejora de la producción de cultivos. Por su parte Cabanzo-Atilano *et al.* (2021) en su trabajo con plántulas de chile serrano se comparó un biofertilizante bacteriano con *P. tolaasii*, que se inoculo seis días después de la emergencia con 1mL, el diámetro de tallo fue mayor entre 13 y 5% entre los tratamientos PSNESt (*Pseudomona* y Solución Steiner) y PSESt (*Pseudomona* con solución Steiner) con respecto a sus controles (SNESt y SESt) solo únicamente solución Steiner. Estos resultados señalan que los biofertilizantes pueden tener un potencial representativo para utilizarse en la producción de chile serrano, siendo otra opción de manejo sustentable como lo que busca el presente trabajo.

7.1.6 Peso Seco (PS)

La Figura 22 muestra los resultados para la variable de peso seco (g) con diferentes tratamientos aplicados a las semillas de chile jalapeño, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas siendo el tratamiento T8 (PeES) el más efectivo, ya que presenta el mayor peso seco, mientras que varios tratamientos tienen un peso seco similar, los cuales son los menos efectivos. Estos tratamientos son: T1 (C), T2 (CES), T3 (Md), T4 (MdES), T5 (Mp), T6 (MpES), T10 (HsES), T11 (Nps), T12 (NpsES), T13 (CC) y T14 (CCES). Todos estos tratamientos indican que no hay diferencias estadísticas entre ellos (Figura 23).

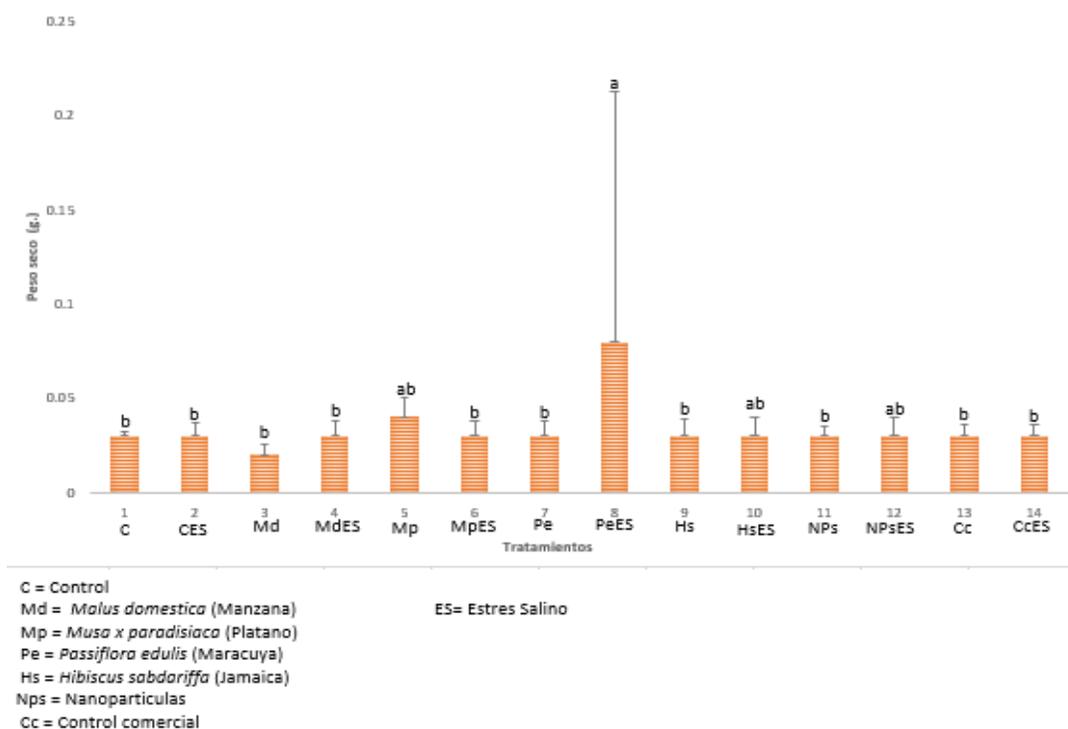


Figura 23 Peso Seco (PS).

Figura 23. Peso seco de plántulas de chile jalapeño tratadas con diferentes dosis de residuos agroindustriales, nanopartículas de zincferrita y un producto comercial (Kelplex®), sometidas a estrés salino. Cada barra de la gráfica representa el promedio

por tratamiento \pm el error estándar. Sobre cada barra se muestra letras diferentes indicando diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con la prueba de medias Duncam ($\alpha=0.05$).

En el trabajo presentado por Adme-Garcia *et al.* (2024) encontraron que en plántulas de chile jalapeño var. Dante F1 de Harris Moran® donde evaluaron 4 tratamientos con bioestimulantes comerciales los cuales fueron Genifix® al 20% (v/v), Trichoderma 1kg a 200L de agua, Bio-terra® y un control de los cuales están compuestos por *Trichoderma* y *Bacillus* spp., para la germinación de la semilla al tercer día se inoculo con micorrizas (*Rhizophagun intranadices*), los riegos que se realizaron con los tratamientos se inocularon con 1 mL de bioestimulantes correspondiente a cada tratamiento, posteriormente se evaluó PST (Pesos del Tallo) y PSR (Peso Seco de Raíz) por lo que el tratamiento del producto comercial Genifix® mostro significativamente una diferencia estadística en comparación con el tratamiento control, señalando una vez más que no siempre todos los bioestimulantes favorecen los parámetros de evaluación de las especies sometidas a análisis, como en esta investigación, donde no todos los extractos y las NPs y el producto comercial arrojan resultados positivos. Por otra parte, Dueñas *et al.* (2021) demostró que con el uso de biofertilizantes hay un incremento en la variable de peso seco en plantas de ejote donde evaluaron 5 tratamientos, dos productos comerciales como Bayfolan®, FitoMas-E®, *Aloe vera*, *Leucanea leucocephala* y microorganismos eficientes, todos los tratamientos se aplicaron al 2% de la concentración por lo que los mejores tratamientos que se observaron fueron FitoMas-E y los microorganismos eficientes los cuales presentaron una diferencia significativa con respecto a los demás tratamiento y con respecto al control. Esto se puede atribuir a que los biofertilizantes en condiciones ideales arrojan efectos significativos, pero de igual forma su trabajo como en esta investigación evaluó un grupo de compuesto con potencial en el desarrollo de plantas, donde se determina cual se adapta a las condiciones específicas de manejo.

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir que el uso de diferentes extractos obtenidos de residuos agroindustriales tiene un efecto positivo en la germinación de chile jalapeño sometido a estrés salino.

El extracto más efectivo en la evaluación de parámetros agronómicos de las plántulas de chile fue el de residuos de maracuyá, ya que presento los valores más altos en todas las variables evaluadas a excepción del grosor de tallo, seguido del uso de las nanopartículas de zincferrita pero cuando estas estaban sometidas al estrés salino. Por lo que el uso de residuos agroindustriales para la elaboración de productos con fines agrícolas es algo que se recomienda seguir evaluando, ya que, se le puede dar un valor agregado a estos residuos y a su vez ayudar a mejorar las condiciones de los cultivos ayudándole a contrarrestar efectos negativos provocados por algún tipo de estrés.

IX. LITERATURA CITADA

Achón Forno, Ignacio, Paniagua Alcaraz, Pedro Luis, Villalba Romero, Nancy, & Romero Gavilán, Mario. (2014). Efectos de la aplicación de bioestimulantes sobre la tolerancia del Sorghum bicolor (L.) Moench al estrés salino. *Investigación Agraria*, 16(1), 11-20.

Disponibles:

[http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832014000100002&lng=en&tlng=es.](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832014000100002&lng=en&tlng=es)

Azcon-Bieto, J y Talón, M (1993) "Fisiología Vegetal". Interamericana / McGraw-Hill

Disponible en:

http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Libros/Azcon_bieto.jpg

Bartels, D. & S. Ramanjulu (2005). Tolerancia a la sequía y la salinidad en las plantas. *Plant Science* 24(1): 23-58.

Cabanzo-Atilano, I., Rodríguez-Mendoza, M. N., García-Cué, J. L., Almaraz-Suárez, J. J., & Gutiérrez-Castorena, María del Carmen. (2020). La biofertilización y nutrición en el desarrollo de plántulas de chile serrano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 699-712. Epub 13 de septiembre de 2021.

Disponible en:

<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2121>

Carmen Alvarez A., Oiga Lock de Ugaz. (1992). Taninos. Pontifica Universidad Católica de Perú. *Revista de Química* No. 1 Vol. VI.

Disponible en:

<http://www.revistas.pucp.edu.pe/download>

Carrillo-Lomelí, Dennise & Jasso Cantú, Diana & Rivera, Martin & Rodríguez, Homero & Jimenez, Lourdes & García, Raúl & Villarreal-Quintanilla, J.A.. (2023). Extractos de plantas como bioestimulantes en Pimiento Morrón. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/371944725_Extractos_de_plantas_como_bioestimulantes_en_Pimiento_Morrón

Castellón-Martínez, Édgar, Chávez-Servia, J. Luis, Carrillo-Rodríguez, José C., & Vera-Guzman, Araceli M. (2012). Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(spe5), 27-35.

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000500007&lng=es&tlng=es.

Chaman Medina Mercedes Elizabeth (2007). Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annum* L. inducido por NaCl. *Arnaldoa* 14(2): 251- 258 pp.

Disponible en:

<https://www.yumpu.com/es/document/read/29170742/variaciones-en-el-contenido-relativo-de-agua-y-la-revista-peruana>

Correa Salgado, María de Lourdes; Herrera Feijoo, Robinson Jasmany; Ruiz Sánchez, Clara Isabel; Guamán Rivera, Santiago Alexander. (2024). *Fundamentos de Bioquímica Vegetal*. Comité Editorial del Grupo AEA.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/378776651_Fundamentos_de_Bioquimica_Vegetal

Delgado Gian Carl. (2009) Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales. *Estudios Sociales* 17(34): 186-205.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/417/41711502007.pdf>

Du Jardin, P. (2015), Bioestimulantes vegetales: definición, concepto, categorías principales y regulación. *Sci. Hortico*. 196:3-14.

Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

Dueñas Dago, Y., Santana Baños, Y., & Hernández Guanche, L. (2021). Efecto de los bioestimulantes sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Vigna Unguiculata* Subsp. *Sesquipedalis* I. Cv. Cantón 1. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 11-17.

Disponible en:

<https://conrado.ucf.cu/index.php/aes/article/view/442>

Flynn, P. (2003). Bioticos vs. Abioticos. Distinción de las diferentes enfermedades y problemas dentro de la agricultura. Universidad del estado de Iowa, extensión y divulgación, Horticultura y plagas domésticas.

Disponible en:

<https://hortnews.extension.iastate.edu/biotic-vs-abiotic-distinguishing-disease-problems>

Garsaball, José & Méndez Natera, Jesús. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista peruana de biología*, ISSN 1727-9933, Vol. 14, N°. 1, 2007, pags. 55-60.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/28182825_Efectos_de_extractos_acuosos_de_la_maleza_Cyperus_rotundus_L_Cyperaceae_sobre_la_germinacion_de_semillas_y_crecimiento_de_plantulas_de_maiz_Zea_mays_L_cv_Pioneer_3031

Góngora Chi, Guadalupe & Lizardi-Mendoza, Jaime & López-Franco, Yolanda & López Mata, Marco Antonio & Quihui, Luis. (2023). Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: una revisión. *BIOtecnia*. 25. 147.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/366272669_Metodos_de_extraccion_funcionalidad_y_bioactividad_de_saponinas_de_Yucca_una_revisión

Guido Ronaldo Samudio Cardozo (2020). Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (*glycine max (l.) merrii*). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.

Disponible en:

<https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Tesis-Guido%20Samudio.pdf>

Hasegawa, P. M.; R. Bressan; J. Zhu & H. Bohnert. (2000). Respuesta celular y molecular de las plantas a la alta salinidad. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51(1): 463-499.

Disponiblr en:

https://www.researchgate.net/publication/8665682_Plant_cellular_and_molecular_respones_to_high_salinity_Ann_Rev_Plant_Physiol_Plant_Mol_Biol

Heiser D. V. and B. Pickersgill. (1969) Nombres de las especies cultivadas de *Capsicum*. *Taxon* 18: 277-283.

Disponible en:

<https://doi.org/10.2307/1218828>

Khot L.R., S.Sankaran, J. M. Maja, R Ehsani, and E. W. Schuster (2012). Aplicación de materiales con nanopartículas en la producción y protección en la agricultura. Vol. 35, pp. 64-70

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219412000099>

Landín, Alfredo & Marcillo, Eddie & Ortega, Julio & Velazco, Mayra & Vera Velázquez, Raquel. (2024). Producción de Plántulas de Calidad de Papaya -Carica papaya L. Utilizando Bioestimulantes con Fibra de Coco en Vivero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/379324396_Produccion_de_Plantulas_de_Calidad_de_Papaya_-_Carica_papaya_L_Utilizando_Bioestimulantes_con_Fibra_de_Coco_en_Vivero

Latournerie Moreno, Moo Muñoz, Pizón López, Ayala Garay, Tzac-May Y.A. (2016). Efecto de la madurez y secado de semilla de *Capsicum chinense Jacq*, en la germinación y calidad fisiológica de plántula. *Agroproductividad volumen 9 Issue 1*. P 63-67-

Disponible en:

<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=f90687e1-d6a1-4d3e-b6cb-f0bbd28895a4%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=13010067&db=fua>

Lira Saldivar, Ricardo Hugo, Méndez Argüello, Bulmaro, Santos Villarreal, Gladys De los, & Vera Reyes, Ileana. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. Acta universitaria, 28(2), 9-24.

Disponible en:

<https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>

López Puc, Guadalupe, Ramírez Sucre, Manuel O., Rodríguez Buenfil, Ingrid M. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum Chinense* J.) y Factores que afectan la producción. (2019). Centro de investigación y asistencia en tecnológica del estado de Jalisco

Disponible en:

<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/716/1/Cap%206%20Capsaicinoides%20chile%20habaner.pdf>

Luna, M. L.; Martínez, P. R. A.; Hernández, I. M.; Arvizu, M. S. M. y Pachec, A. J. R. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. Revista Fitotecnia Mexicana. 36(1):63-69.

Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100007

Maroto B.J.V. (1992) Elementos de Horticultura General Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España pp. 199-201

Moreno, F.G.; Plaza, P. y Magnitskiy, S. (2006). Efecto de la testa de la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muller). Agron. Tec Mex. 33:115-352

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239011.pdf>

Murillo E, Sánchez W y Méndez J. (2010). Potencial antioxidante de residuos agroindustriales de tres frutas de alto consumo en el Tolima. Scientia et Technica, 17(46):138-143.

Disponible en:

<https://doi.org/10.22517/23447214.273>

Mohamed Aymen Elouar, Salma Latique, Halima Chernane, Cherif Hannachi and Mimoun Elkaoua (2014). Effect of desargassum vulgar seaweed extract on germination behavior of two tomato cultivars (*solanum lycopersicum*) under saline stress. *Octa Journal of Environmental Research*. 2(3): 203-210.

Disponible en:

<http://www.sciencebeingjournal.com>

Nicolaza Pariona, Arturo I. Martínez, Homero Hernández-Flores, Ricardo Clarck-Tapia. (2017). Efecto de las nanopartículas de magnetita en la germinación y crecimiento temprano del *Quercus macdougalii*. *Ciencia del medio ambiente total*.

Disponible en:

<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/component/content/article/17-ciencia-hoy/1240-nanoparticulas-de-oxido-de-hierro-nueva-generacion-de-fertilizantes>

Ricardo A. Lozano de la Peña, Lorena Farías Cepeda, Lucero Rosales Marines, Rodolfo Ramos Gonzáles (2019). Revisión de ferritas híbridas de metales pesados, UAdeC.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/331936403_Revision_de_ferritas_hibridas_de_metales_pesados

Rodríguez Ledesma, Cinthya Noelia Torres Sevillano, Mercedes Elizabeth Chaman Medina. (2019). Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* "arroz" (Poaceae).

Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a05v26n3.pdf>

Rodríguez Ledesma, Nixer Deinerk, Torres Sevillano, Cinthya Noelia, Chaman Medina, Mercedes Elizabeth, & Hidalgo Rodríguez, José Ernesto Manuel. (2019). Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* "arroz" (Poaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 931-942.

Disponible en:

<https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>

Saval S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Bio-Tecnología*, 16(2):14-16.

Disponible en:

https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf

Stefania de Pascale, Youssef Roupael, Giuseppe Colla. (2018). Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science* 82(6):277-285

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/322403792_Plant_biostimulants_Innovative_tool_for_enhancing_plant_nutrition_in_organic_farming

Tania Francely Gaspar (2019). Etnobotánica y caracterización morfológica del chile jalapeño criollo *Capsicum annuum* var. *annuum* L. en la región centro de Veracruz, Universidad Veracruzana. México. 187pp.

Disponible

https://www.uv.mx/met/files/2019/10/Thania_Francely_Gaspar_Moctezuma.pdf

Ugarte-Barco, Francisco & Zhiñin-Huachun, Iván & Pérez, Ricardo. (2022). Influencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (*Musa AAA* cv. Williams). *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*. 40.

Disponible:

<https://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/1456/1731>

Venegas-Vera, Johana & Pincay-Menéndez, Joffre. (2024). Efectos del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, *Trichoderma* sp y microorganismo eficiente en crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en semillero. *MQR Investigar*. 8. 3493-3508.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/378677043_Efectos_del_lixiviado_de_vermicompost_de_estiercol_bovino_Trichoderma_sp_y_microorganismo_eficiente_en_creimiento_de_plantulas_de_tomate_Solanum_lycopersicum_L_en_semillero

Vera S. K. S., J. Cadena I., L. Latournerie M., J. F. Santiaguillo H., A. Rodríguez C., F. A. Basurto P., D. Castro L., E. Rodríguez G., P. López L. y E. Ríos S. (2016). Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132 pp.

Villalba, Andrea & Huviene, Leni & Mamani, Alicia & Filippone, Paula. (2023). Efecto inductor de un extracto de hojas de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) sobre la germinación y el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Inducing effect of a strawberry leaves extract (*Fragaria x ananassa* Duch.) on the germination and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*. 43 (1). 35-45.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/376219266_Efecto_inductor_de_un_extracto_de_hojas_de_frutilla_Fragaria_x_ananassa_Duch_sobre_la_germinacion_y_el_crecimiento_de_lechuga_Lactuca_sativa_L_Inducing_effect_of_a_strawberry_leaves_extract_Fragaria_x

Wink M., M Roberts and M.F. (1998) *Alcaloides, Bioquímica, Ecología y Medicina Aplicada*. Plenum Press, New York.

Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2905-4>

CICY (2021) Ficha técnica para la producción de plantas de chile habanero variedad BA'ALCHÉ. Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Disponible en:

https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/sitios/Habanero/2021_09-Ficha-Tecnica-Chile-Hab_Balche.pdf

FAOSTAT. (2020). *Cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

INIFAP (2021). *Reporte Anual 2021 Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/786607/REPORTE_ANUAL_CIRNE_Coahuila.pdf

INIFAP (2022). Manual práctico para la elaboración de bioinsumos “Elaboración de extractos vegetales”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf

INTAGRI (2015) Función de los aminoácidos como bioestimulantes. Serie Nutrición Vegetal. Num. 93. Artículos Técnicos de INTAGRI, México 3p.

Disponible en: <https://www.itagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funcion-de-los-aminoacidos-como-bioestimulantes>

INTAGRI. (2020). Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

Disponible en:

<https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/cultivo-de-chile-en-mexico?p=registro>

INTAGRI. (2020). Tipos de Chiles Verdes. Serie Hortalizas, Núm. 19. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/tipos-de-chiles>

INTAGRI (2017). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Disponible en:

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>

SADER (2020). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural 2020. Producción de Chile verde en México

Disponible en:

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-2-7-por-ciento-la-produccion-de-chile-verde-en-mexico-en-2020-y-registra-mayor-demanda-en-los-mercados-internacionales?idiom=es>

SADER (2021). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural) Mapa agrícola de afectación por salinidad en México

Disponible en:

<https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/mapa-agricola-de-afectaciones-por-salinidad-en-mexico>

SADER (2023) Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. México entre los principales productores de chile verde a nivel mundial.

Disponible en:

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-entre-los-principales-productores-de-chile-verde-en-el-mundo-agricultura?idiom=es>

SAGARPA, SIAP (2015). Márgenes de comercialización Chile Jalapeño

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67460/MC_chiljalap_julio_2015.pdf

SAGARPA (2017). Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 “Chiles y Pimientos Mexicanos”

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf

Shamya Mary A., Thirunavukkarasu Rajasekar., Joseph Jerrine and Wilson Aruni (2020). Effect of seaweed on seed germination and biochemical constituents of *Capsicum annum*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101761>

SIAP (2010). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Un panorama del cultivo del chile consultado en abril-mayo

Disponible en:

<http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>

SIAP (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avances de Siembra y Cosecha 2022-2023.

Disponible en:

https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

SIAP (2015). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Monografía del chile Jalapeño

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/96193/Chileverde_monografias.pdf

SNICS (2017). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas Chile (*Capsicum spp.*). Generalidades de la Red Chile.

Disponible en:

<https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/chile-capsicum-spp>

UDLAP (2007). Universidad de las Américas Puebla. Características del chile Jalapeño.

Disponible en:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mqi/mendez_m_ad/capitulo3.pdf

UDLAP (2015). Universidad de las Américas Puebla. Revisión bibliográfica del chile Jalapeño

Disponible en:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/celis_c_a/capitulo4.pdf

UPV (2003). Universidad Politécnica de Valencia. Germinación de semillas tema 17

Disponible en:

http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm