

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Liberación de Iones de la Gallinaza Aplicada al Suelo
Cultivado con Chile Habanero

Por:

JOSÉ CARLOS VELASCO OREA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Liberación de Iones de la Gallinaza Aplicada al Suelo
Cultivado con Chile Habanero

Por:

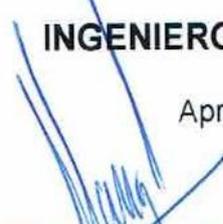
JOSÉ CARLOS VELASCO OREA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal



Dr. Felicito Ausencio Díaz Vázquez
Asesor Principal Externo



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



José Carlos Velasco Orea

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Y LA VIRGEN DE GUADALUPE, por darme la salud para llegar hasta este momento de mi vida y como algún día dijo mi abuela “Por darme paciencia y sabiduría para poder concluir mis estudios”.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, “Mi Alma Terra Mater”, gracias por acogerme en estos últimos años, por darme las herramientas necesarias para mi futuro y sobre todo, por darme un techo y tres comidas al día para que hoy pueda ser yo, un buitre de la Narro y sobre todo gracias a ese ser humano que dio todo para la formación de quien soy hoy en día, Don Antonio Narro.

A mis asesores, Dr. Alberto Sandoval Rangel por todas las facilidades que dio para que se cumpliera este proyecto de tesis y sobre todo al hoy Dr. Felicito Ausencio Díaz Vázquez por todo lo enseñado, no solo hablando de lo académico, gracias por escucharme y darme consejos de vida y tenerme paciencia.

A mis Abuelos, Por darme esos dos grandes seres humanos que hoy son mis padres y ejemplos de vida, un día sembraron una semilla que fueron sus hijos y hoy pueden recoger sus frutos que son sus nietos y darse cuenta de que lo hicieron bien, los amo.

A mi Padres, Los amo mucho gracias por confiar siempre en mí y apoyarme en este proceso de mi vida, sobre todo en este último año.

A mis Hermanos, A ti Deysi por tus consejos y ayuda que me brindaste, y a ustedes Bryant y Kevin, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede, si tú te lo propones.

A mi esposa, Vania por apoyarme en la recta final de este proceso, gracias por estar conmigo y darme ánimos en estos meses, te amo.

A mi hijo Noah Emanuel sé que aún no estás con nosotros, pero quiero que sepas que eres una bendición para mí, te amo con todo mi ser y me haces mejor persona día a día.

DEDICATORIAS

A mis Padres, Julián e Inés les dedico este logro ya que es tanto mío como suyo, me enseñaron lo que es no rendirse, el trabajar duro y de forma honesta, a ser un hombre de bien y que a pesar de todas las dificultades todo es posible, los amo mucho, gracias por todo el apoyo y confianza que me brindaron.

A mis Hermanos, Deysi, Bryant y Kevin por ser un motor importante para mí vida y ser un motivo más para nunca rendirme y siempre estar en las buenas y malas conmigo.

Mis Abuelos, Tomas (Mache), Filadelfa (Güerita), José (Pepito), Concepción (Conchita †), Por ser un ejemplo y ayudarme en la medida de lo posible en estos años que estuve fuera y sobre todo a ti güerita que me pusiste en tus oraciones para que nunca me faltara nada.

A mis tíos, Gloria, Eduardo y Ruperto por apoyarme cuando más lo necesitaba así fuera con un consejo, lo de mi pasaje de autobús o una cama, todo significó mucho para mí, los amo mucho y gracias por todo.

Mis primos, Bertoldo y Omar por ser otros dos hermanos más en mi vida gracias por sus consejos y apoyo en este proceso, el tiempo y la vida nos separó, pero sé que en su momento nos volveremos a ver y reírnos como en los viejos tiempos.

A mis amigos, Kevin Flores, Juan Dolores, Tomas, Leonel Salinas, Ismael García, Samuel Vargas, Aarón Rodríguez, Ángel Meza, Fernando García, Rigoberto Gonzales, Fernando Cuevas, Adán Montero, Mario Jerónimo, Jesús García, Francisco de Anda, Gustavo Preciado, Mario Rodríguez, Aarón Fabián Cárdenas y Jairo Abrego por acompañarme en todo este proceso de mi vida universitaria ya que cada uno me dio una lección de vida y consejos, agradezco haber vivido una y mil experiencias con ustedes.

Mi Amigos de Unidad laguna, Baltazar Peñaloza y Jonathan Ortega por apoyarme y a aconsejarme aun cuando ya no me encontraba en Torreón.

De manera especial a mi compañera de vida, **Vania Salinas Martínez** por el amor que me ha demostrado y todos los ánimos que me ha dado en este proceso y a ser una mejor persona día a día.

Y a mi hijo **Noah Emanuel** por ser un motor más en mi vida y luchar día a día para un futuro mejor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
1.3 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Importancia del cultivo.....	5
2.2 Importancia agronómica	6
2.3 Producción mundial	6
2.4 Producción nacional.....	7
2.5 Aspectos generales del cultivo	8
2.5.1 Taxonomía del cultivo	8
2.5.2 Morfología del cultivo	9
2.5.3 Fenología del cultivo	9
2.5.4 Requerimientos edafoclimatológicos.....	9
2.6 Ciclo y funcionalidad de los elementos en el sistema suelo-planta	10
2.6.1 Ciclo y funcionalidad de los nitratos	10
2.6.2 Ciclo y funcionalidad del potasio.....	12
2.6.3 Ciclo y funcionalidad del calcio	14
2.6.4 Ciclo y funcionalidad del sodio.....	14
2.7 Relaciones de interacción de los iones en el suelo	15
2.7.1 Relaciones cationes y aniones en el suelo.....	15
2.7.2 Interacciones con pH y CE.....	16
2.8 Uso de estiércoles de origen avícola en la agricultura.....	17
2.8.1 Propiedades físico-químicas de la gallinaza.....	18

2.8.2	Efecto de la gallinaza sobre el suelo.....	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Ubicación del experimento	20
3.2	Material genético.....	20
3.3	Manejo agronómico	20
3.5	Variables evaluadas.....	22
3.5.1	Variables agronómicas de crecimiento	22
3.5.2	Variables fisiológicas	23
3.6	Análisis estadístico	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1	Variables fisiológicas y de crecimiento	24
4.2	Dinámica de los iones evaluados y sus interacciones	30
4.3	Variables de rendimiento y calidad comercial	37
V.	CONCLUSIONES.....	41
VI.	BIBLIOGRAFÍA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Requerimiento de Macroelementos en mEq-L ⁻¹	20
Tabla 2 Requerimiento de Microelementos en ppm.	21
Tabla 3 Calendario de aplicaciones para el control de plagas.	21
Tabla 4 Calendario de aplicaciones para el control de Bacterias y Hongos.....	21
Tabla 5 Diseño de los tratamientos junto con las dosis.	22
Tabla 6 Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de las variables de NO ₃ , K, Ca ²⁺ , Na, pH y CE en el cultivo de chile habanero por efecto de la gallinaza a diferentes dosis al suelo. .	30
Tabla 7 Medidas estadísticas (LSD Fisher $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	30
Tabla 8 Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de número de frutos, peso total y peso total del fruto en chile habanero por efecto de la gallinaza.	37
Tabla 9 Medidas estadísticas (LSD Fisher $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rendimiento promedio por estado de chile habanero.....	7
Figura 2 Superficie sembrada promedio por estado de chile habanero.....	8
Figura 3 Formas de Absorción de N para la planta	11
Figura 4 Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza fuente: Peláez 1999.	18
Figura 5 Comportamiento de la variable altura de planta en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	25
Figura 6 Comportamiento de la variable DT en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	27
Figura 7 Comportamiento dinámico de la variable Conductancia Estomática en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	28
Figura 8 Comportamiento dinámico de la variable Número de Frutos en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	38
Figura 9 Comportamiento de la variable Peso total de Frutos (PT) en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	39
Figura 10 Comportamiento de la variable Peso de Fruto (PF) en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.	40
Grafica 1 Dinámica de liberación del ion nitrato (N03) por efecto de la gallinaza en chile habanero.	31
Grafica 2 Dinámica de liberación del ion Potasio (K) por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	32
Grafica 3 Dinámica de liberación del ion Calcio (Ca) por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	33
Grafica 4 Dinámica de liberación del ion Sodio (Na) por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	34
Grafica 5 Dinámica del potencial de hidrogeno (pH) por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	35
Grafica 6 Dinámica de conductividad eléctrica (CE) por efecto de la gallinaza en chile habanero.....	36

RESUMEN

Conocer la dinámica de liberación de nutrientes de los abonos orgánicos, permitirá realizar un suministro de nutrientes complementarios de forma más adecuada y oportuna. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica de liberación de nutrientes de la gallinaza a la solución del suelo, cultivado con chile habanero en acolchado e invernadero. Se evaluaron cinco dosis de gallinaza: 5, 10, 15, 20 y 25 t ha⁻¹ y un testigo absoluto que consistió en una solución fertilizante para pimiento al 50%. Se midió; Nitratos, potasio, calcio, sodio, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, altura de planta, Diámetro de tallo, Conductancia estomática a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas, clorofila, número y peso total de frutos por planta y peso promedio de fruto. Los datos obtenidos muestran que; no hubo diferencia en la concentración de iones liberados por las diferentes dosis de gallinaza a la solución del suelo a excepción del calcio y la dinámica no mostro cambios durante el periodo de tiempo evaluado. Respecto al efecto de la aplicación de la gallinaza sobre el crecimiento y productividad, aun y cuando no hubo diferencia estadística, si se observó un mejor crecimiento y calidad a las dosis de 10, 15 y 20 t ha⁻¹, mientras que a la dosis de 25 t ha⁻¹ se observó clorosis.

I. INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) es un cultivo de suma importancia para México y aún más para la península de Yucatán, puesto que este tiene un impacto tanto cultural como económico, reconociendo a la península como centro de origen del chile habanero (Rodríguez Buenfi et al., 2020).

En el año 2021 fueron sembradas 1,517.81 hectáreas en la cuales participaron más de 18 estados de la república, sin embargo la península de Yucatán destaca entre las 18 entidades siendo su superficie la más sembrada con un valor del 50% del total (SIAP, 2021a).

El chile habanero es una planta con un ciclo anual, alcanza una altura de hasta 1.5 m con un periodo productivo de 16 meses, presenta raíz pivotante y su sistema radicular se desarrolla en función de la edad de la planta, cuenta con un tallo grueso, erecto regularmente teniendo predisposición a formar tres tallos en la primera ramificación para después continuar bifurcándose, sus hojas son simples, lisas y alternas, las flores son de coloración blanca, en los entrenudos se pueden aparecer hasta 6 flores (Tun, 2001). La planta de chile habanero en promedio produce seis frutos por axila, los cuales presenta un tamaño de 2 a 6 cm, teniendo un color verde cuando son inmaduros y de color anaranjado, amarillo o rojos al llegar a su maduración, caracterizándolo por su picor y aroma (Santoyo, 2010).

La producción de este cultivo se puede dar tanto en suelo como en hidroponía, así como en invernadero o campo abierto, en el norte del país es difícil encontrar cultivos de esta planta en campos abiertos debido a las condiciones de los suelos los cuales son áridos junto con las altas temperaturas e incidencia solar, hacen que se presenten plantas con un desarrollo raquíptico y baja producción lo cual lo hace incosteable por ello la producción de este cultivo es más vista bajo invernadero sobre el suelo e hidroponía (Castorena et al., 2014). Si bien existe un uso irracional sobre los fertilizantes con el propósito de tener mayor producción, por ello ha incrementado las problemáticas del suelo hacen que se requiera de un manejo fisio-químico del suelo, un análisis de suelo no es la solución total, sin embargo, una herramienta para hacer recomendaciones de soluciones nutritivas, mejorar las condiciones y propiedades del suelo (López et al., 2002).

Un componente del suelo importante en la producción de cualquier cultivo, es la solución del suelo, la cual es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes proporcionados por la fertilización y la liberación y/o retención del suelo (Hernández Díaz et al., 2014).

Los nutrientes de la solución del suelo son alterados por factores como; el tipo de suelo, las profundidades de los muestreos, la velocidad de asimilación del cultivo, el tipo de cultivo, la etapa fenológica, la solución fertilizante, el pH que tiene la solución del suelo, que a su vez, es modificado por iones como el aluminio H^+ y OH^- (Narváez-Ortiz et al., 2018) (Llanderal et al., 2019) (Lince Salazar et al., 2015) (Osorio, 2012).

Actualmente, el uso de ionómetros con tecnología ISE (*Ions Selective Electrods*) nos facilita la realización de monitoreos en tiempo real a nivel de campo de las condiciones nutrimentales de la solución del suelo, si bien la tecnología ISE permite monitorear varios elementos, a nivel de campo solo se aplican para iones de nitrato (NO_3^-) potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}) (Kim et al., 2021) pH y CE. Esta tecnología permite hacer correcciones en el manejo nutricional, además de detectar y corregir deficiencias en disponibilidad de iones mediante la fertilización. Esta tecnología puede ayudar a medir variaciones en parámetros de la solución del suelo como la disponibilidad de iones, pH y CE por efecto de la aplicación tanto de fertilizantes como de enmiendas orgánicas como la gallinaza. (Peña-Fleitas et al., 2021).

Debido a los altos costos de los fertilizantes se ha optado por diferentes alternativas que ayuden en la nutrición, asimilación de iones y retención de humedad entre otros parámetros para una eficiente producción. En la actualidad se ha optado por los usos de estiércoles para la fertilización del suelo, uno de estos es la gallinaza, la composición de esta depende sobre todo de la dieta y sistema de hábitat de las aves. Este abono orgánico se divide en dos tipos: la gallinaza de piso y jaula; La gallinaza de piso se compone de mezcla de heces, al igual que de materiales absorbentes los cuales posiblemente se traten de aserrín, pasto seco, cascarillas entre otros, esta mezcla se conoce como cama. La gallinaza de jaula se integra por restos de heces, plumas, huevos rotos y restos de alimento (INTA, 2018).

Se debe tener en cuenta que la composición cambia acorde al momento de recolección y al tipo de almacenamiento. Esta al estar fresca presenta una humedad de 70 a 80%, nitrógeno 1.1 a 1.6%, fósforo 0.9 a 1.4% y potasio 0.4 a 0.6%, cuando es acumulada por meses la humedad disminuye teniendo rangos de 50 a 60 %, contrario a esto los valores de nitrógeno se elevan 1.4 a 2.1, al igual que el fosforo 1.1 a 1.7 siendo el mismo caso para el potasio con valores de 0.7 a 1%, al ser almacenada en un pozo profundo la humedad es de 12 a 25%, los niveles de nitrógeno se elevan aún más dando de 2.5 a 3.5%, el fosforo tienen un rango de 2 a 3% y el potasio 1.4 a 2%, cuando la gallinaza pierde la humedad casi en su totalidad, los valores de humedad disminuyen aún más con rango de 7 a 15%, sin embargo en este estado, los niveles nitrógeno, fosforo y potasio son los más altos con rangos de 3.6 a 5.5%, 3.1 a 4.5% y de 1.5 a 2.4% respectivamente.

Cabe destacar que en todas estas formas de la gallinaza, el contenido de materia orgánica es alto (Castello, 2000). Lo anterior exhibe la importancia nutricional de los abonos alternos como es el caso de la gallinaza, la cual presenta un efecto positivo sobre parámetros de la calidad de planta y fruto así como el suelo, no obstante no existe evidencia de un efecto significativo de la gallinaza en la producción de chile habanero, por ello el objetivo de la investigación son los siguientes.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Conocer la dinámica de liberación de nutrientes de la gallinaza en la solución del suelo y el efecto sobre el cultivo de chile habanero bajo condiciones protegidas.

1.2 Objetivos Específicos

1. Medir los niveles de aporte mineral de la gallinaza al suelo.
2. Establecer la dinámica de la liberación de iones en el suelo, por efecto de la dosis de gallinaza.
3. Medir el efecto de la gallinaza, en términos de crecimiento y rendimiento sobre el cultivo de chile habanero.

1.3 Hipótesis

H₁: Al aplicar más cantidad de gallinaza al suelo, el aporte de minerales es mayor y la liberación de los mismos es más prolongada.

H₂: Al menos uno de los tratamientos muestra una mejora en la producción y calidad de planta y fruto en el ciclo reproductivo.

H₀: Ninguno de los tratamientos aplicados modifica el comportamiento de desarrollo, productividad y calidad de fruto en el ciclo productivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una especie de la familia de las Solanáceas, originario de América del Sur, en los altiplanos bolivianos o el sur de Brasil, el cual se cree llegó por medio de dispersión natural. El cultivo pudo haberse propagado originalmente como una planta silvestre, en cuyo caso las aves pueden haber jugado un papel importante en su dispersión, con el tiempo fue domesticado y dispersado por los humanos, ya que, bajo condiciones de cultivo, este dependía del ser humano para su supervivencia (Rodríguez Buenfi et al., 2020).

Algunas teorías sugieren que pudo haberse trasladado a México a través de posibles rutas de transmisión. Sin embargo, la ruta más viable es desde América del Sur hasta la península de Yucatán, México por el sedentarismo de los humanos y las rutas de comercialización de los embarques (Long et al., 2011). Otros autores refieren el origen del chile habanero es en los Andes y su posterior introducción a islas del Caribe por medio de migraciones de productores indígenas arahuacos (Pathirana, 2013).

El chile habanero es un cultivo representativo de la Península de Yucatán, México, presentando un sabor asociado a la región por su importancia tanto económica como cultural por lo que en 2010 se le otorgó al cultivo su denominación de origen. Una de las características del fruto que distingue a este cultivo es el alto contenido de capsaicina. Además, el cultivo cuenta con connotaciones históricas, sociales, culturales, económicas y propiedades tanto nutricionales como terapéuticas que le han permitido ser aprovechado en diferentes tipos de industria como la química, alimenticia y farmacéutica (Rodríguez Buenfi et al., 2020).

Tanto las propiedades nutraceuticas, medicinales, de productividad y el incremento en la superficie de siembra ha generado en los últimos años un incremento en la investigación en este cultivo, bajo diferentes enfoques, siendo más recurrente la investigación bioquímica y genética, sin embargo, el enfoque de nutrición aplicada al cultivo y la productividad del mismo son áreas con poco desarrollo de investigación (Meneses-Lazo & Garruña, 2020) por lo que la investigación enfocada al desarrollo de tecnología y mejora en la producción presenta una ventana de oportunidad.

2.2 Importancia agronómica

El chile habanero es considerado uno de los más picantes del mundo, una ración de chile habanero contiene 128 mg de potasio, buen contenido de vitamina C, además de poseer propiedades antiinflamatorias y ayudar a regular niveles de insulina, al igual que prevenir la diabetes (FIRCO, 2017).

Los frutos presentan un valor de pungencia más elevado entre las variedades de chiles, con niveles de 100,000 a 300,000 unidades Scoville. Los valores máximos de pungencia se alcanzan cuando el fruto está completamente maduro. El fruto presenta varias tonalidades de colores hasta su maduración (Fabela-Morón et al., 2020).

Los frutos y derivados del fruto de chile habanero se aprovechan en distintos campos como la gastronomía y la medicina, en esta última, sus ingredientes se utilizan para elaborar ungüentos y pomadas que alivian dolores severos generados por la artritis, en la industria química, se utiliza para elaborar las bases de algunas pinturas y en la fabricación de gas lacrimógeno (FIRCO, 2017).

El chile habanero tiene diferentes tonalidades de color en su estado de madurez, dependiendo de esto, sus propiedades nutraceuticas pueden presentar distintos valores, así, la capacidad antioxidante puede presentar rangos de 88.8 a 95.4%, vitamina C de 71-113.8 mg 100 g⁻¹, capsinoides totales de 247.5-702.6 mg 100 g⁻¹, polifenoles totales 49.8 a 90.3 mg 100 g⁻¹ (Oney-Montalvo et al., 2018).

2.3 Producción mundial

Aunque el chile habanero se caracteriza por ser domesticado y ampliamente producido en México, este país no es el mayor exportador a nivel mundial ya que España fue el que tuvo mayor participación con un 24.25%, seguido de México con un 23.38%, Países Bajos con 16.98%, Canadá con 7.58% y Estados Unidos con 4.34% (FAO, 2022).

De acuerdo con (Tridge, 2023) en el año del 2021, España tuvo exportaciones con valor de 1.6 billones de dólares, seguido de México con un total de 1.5 billones, Países Bajos con 1.1 billones, Canadá 495.8 millones y Estados Unidos con 283.9 millones. Respecto a los destinos de exportación, México dirige su producción hacia Estados Unidos dejando divisas de 1.5 billones de dólares, en el caso de España su principal mercado es Alemania con valores de 528.92 millones, Canadá del mismo modo comercializa su producto hacia Estados Unidos con un valor de 492.66 millones, Países Bajos en su mayoría lo exporta para Alemania con valor de 391.57 millones y Estados Unidos a su vez lo hace con dirección a Canadá con un valor de 276.70 millones.

2.4 Producción nacional

El 80% de la producción de chile habanero se comercializa como fruto fresco mientras que el 20% restante se utiliza para elaborar salsas, pastas y deshidratados. La producción nacional se exporta principalmente a países como Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Italia y Alemania (FIRCO, 2017).

De acuerdo con datos de (SIAP, 2021) el chile habanero fue exportado solo por el estado de Tamaulipas con una siembra de 0.25 hectáreas con un rendimiento de 40.20 toneladas por hectárea con un valor de producción de \$342,710 pesos. A nivel de comercio nacional aparecen 18 estados de los cuales destaca la península con un promedio de superficie de 556.71 hectáreas, con una producción de 7,624.04 ton ha⁻¹ con divisas de 165,020.90 pesos.

Aunque se produce en las diferentes entidades como Baja California Sur, San Luis Potosí, Sonora y Tabasco, su mayor producción se encuentra en los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche. Después del cultivo de tomate, el chile habanero se ubica en segundo lugar en cuanto a superficie sembrada en toda la región de la Península, por lo que más del 50% de la producción nacional se obtiene de esta región (FIRCO, 2017).

En el año del 2021 el chile habanero tuvo una superficie sembrada de 1,517.81 hectáreas a nivel nacional con un rendimiento de 17.99 t ha⁻¹, generando un valor de la producción de 441,205.73 de pesos (SIAP, 2021b), a continuación se muestra el rendimiento promedio por estado así como la superficie sembrada por estado (Figura 1) y (Figura 2).

Figura 1 Rendimiento promedio por estado de chile habanero

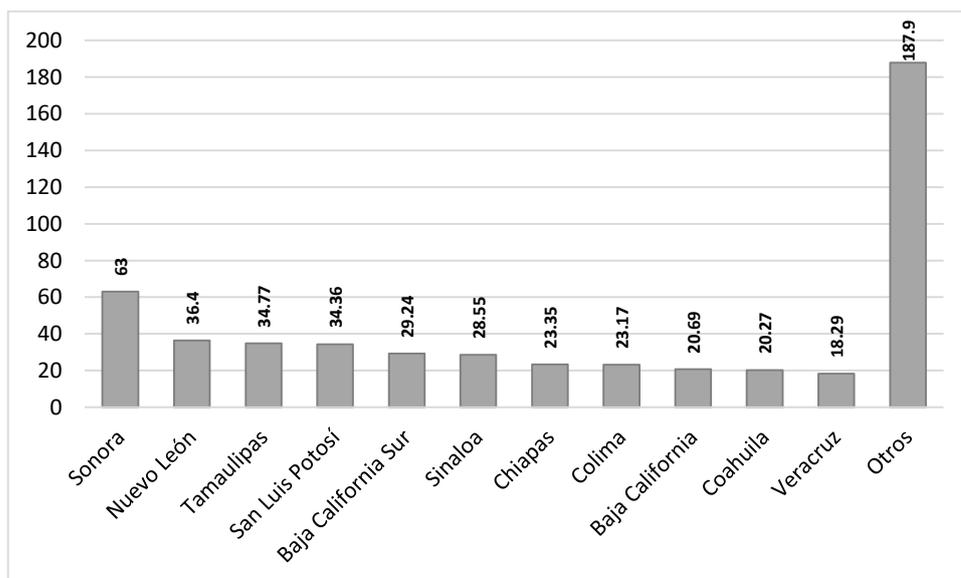
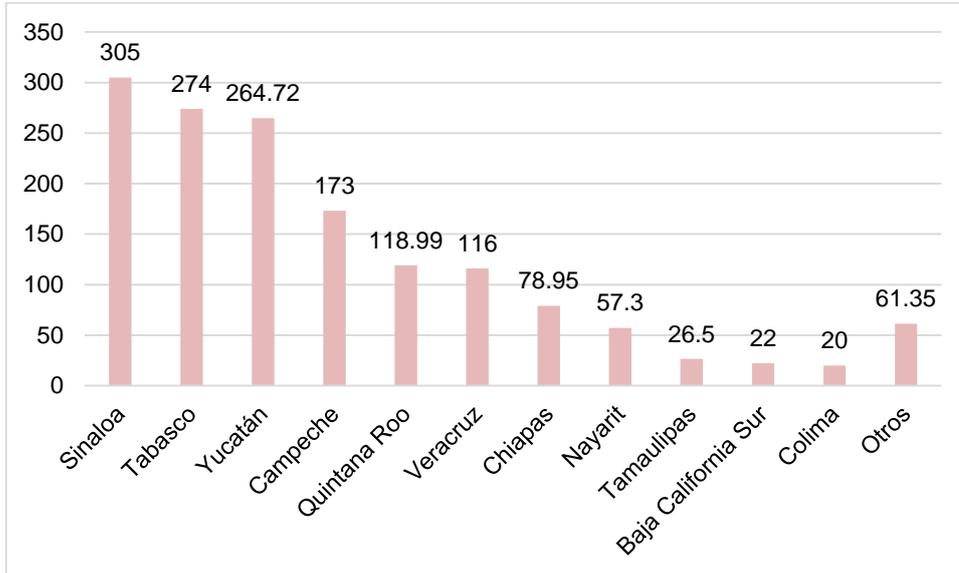


Figura 2 Superficie sembrada promedio por estado de chile habanero.



2.5 Aspectos generales del cultivo

2.5.1 Taxonomía del cultivo

La clasificación taxonómica en chiles permite una descripción sencilla hasta el nivel de género, sin embargo, la diversidad existente de flores y frutos, hace más compleja la clasificación a nivel de especie y variedad (Ruiz Lau et al., 2011), de esta manera, el chile habanero se clasifica de forma taxonómica como sigue:

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplanta

Infrareino: Streptophyta

Superdivisión: Embryophyta

División: Tracheophytina

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Asteranae

Orden: Solanales

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum*

(GRIN, 2011) (Ruiz Lau et al., 2011)

2.5.2 Morfología del cultivo

La planta de *C. chinense* Jacq presenta un ciclo anual, con un promedio de duración de 16 meses, el rango de crecimiento es de 120-150 cm en condiciones protegidas, el tallo es robusto y erecto, de crecimiento semideterminado, las hojas generalmente son simples, lisas, alternas y lanceoladas, de tamaño y color variable en función de la variedad. La raíz es pivotante con una profundidad de 40 a 120 cm en función de la edad, tipo de suelo y manejo nutricional, la flor es blanca, axilar, individual o en pares, con tamaño de 1.5 a 2.5 cm en el diámetro de la corola, con cinco a siete sépalos y pétalos, el fruto corresponde a una baya carnosa, hueca y presenta de tres a cuatro lóbulos, mismos que contienen semillas lisas y pequeñas, con testa de color café claro a oscuro (Ruiz Lau et al., 2011).

Por su parte (Rodríguez Buenfi et al., 2020) menciona que el chile habanero es una planta de comportamiento arbustivo, de ciclo perene, con crecimiento determinado con una altura de 80 a 90 cm en campo abierto y de 1.80 m en invernadero, la planta presenta hojas simples, de forma lanceolada con diferentes tonos de verde con una longitud de 6.5 a 10.5 cm y de 3 a 15 cm de ancho, su tallo es erecto de forma redonda con diámetro de 0.9 a 3.1 cm. El fruto es hueco, con forma de campana, con coloración verde en su estado inmaduro y con tonalidad naranja en su estado maduro, el fruto tiene longitud promedio de 3.8 a 5.5 cm, diámetro 2.5 a 3 cm y peso de 6.5 a 12 g (Rodríguez Buenfi et al., 2020).

2.5.3 Fenología del cultivo

El ciclo del chile habanero se divide en: Etapa de plántula, la cual comprende de 40 a 50 días para trasplante, etapa vegetativa: comprendida entre los 91 a 96 días después de emergencia, para después entrar a etapa reproductiva indefinida, en esta última etapa puede tener severos problemas por altas temperaturas, después de un máximo de 35 °C esta tiende a abortar sus flores y a 45 °C se marchita su flor (Meneses-Lazo et al., 2018). Por su parte, (Ruiz Lau et al., 2011) menciona que la etapa de floración inicia cuando el cultivo comienza a ramificarse.

2.5.4 Requerimientos edafoclimatológicos

De acuerdo con (Jeeatid et al., 2018) el cultivo de chile habanero se puede establecer en niveles que van desde los 20 a 1191 metros sobre el nivel del mar (msnm) con temperaturas que oscilan de 18.9 a 43.2 °C, humedad relativa de 23.9% a 81.2% e intensidad lumínica de 7830 a 12000 luxes. En una investigación donde se establecieron varias variedades bajo condiciones de

estrés por diferentes tipos de suelos se observó que existen variedades que se pueden desarrollar en temperaturas de 15 a 54 °C, con humedades relativas de 16% a 92%. Por su parte (Ruiz Lau et al., 2011) reporta que el cultivo se desarrolla en regiones con temperatura promedio mayor a 24 °C, con un bajo diferencial de temperatura entre el día y noche, mientras que no puede prosperar a temperaturas menores a 15 °C.

El cultivo se desarrolla en diferentes tipos de suelos, los cuales se caracterizan por su variabilidad en la disponibilidad de nutrientes, en el caso de los suelos rojos se caracterizan por un alto contenido de fósforo, calcio, magnesio y hierro, teniendo poca materia orgánica, por el contrario, en suelos negros se observa mayor presencia de nitrógeno, manganeso y materia orgánica, mientras que en suelos pardos se encuentra menor contenido de nitrógeno y un valor intermedio de materia orgánica (Ruiz Lau et al., 2011). El contenido de humedad del suelo entre 80 y 90%, se ha reportado que el cultivo de chile habanero se desarrolla de manera óptima con una conductividad eléctrica de 2.7 a 3.2 dS/m. (Oney-Montalvo et al., 2020).

Respecto al requerimiento hídrico, el chile habanero, tiene un consumo promedio de 180.46 litros de agua por planta en todo el ciclo en invernadero en un sistema de acolchado (García Casas, 2018). Otros autores mencionan un requerimiento en base a precipitación pluvial de 550-700 mL cm⁻² por ciclo de cultivo, en condiciones de campo abierto y temporal (Ruiz Lau et al., 2011).

(Martínez Cuesta, 2018) evaluó dos tipos de sistemas de riego, uno de ellos es el riego por goteo superficial el cual generó una producción de 29.18 toneladas por hectárea con un gasto total de 1484.12 m³, mientras que, en el sistema por exudación superficial, se obtuvo un rendimiento de 28.4 toneladas por hectárea y con un total de agua utilizada de 1187.37 m³, dando como mejor sistema el riego por exudación. Todo esto a campo abierto y sin el uso de acolchado.

2.6 Ciclo y funcionalidad de los elementos en el sistema suelo-planta

2.6.1 Ciclo y funcionalidad de los nitratos

El nitrógeno es uno de los macroelementos considerado esencial para el desarrollo de la planta, ya que participa en la constitución de proteínas, ácidos nucleicos, hormonas y compuestos moleculares siendo principalmente absorbido por las raíces de las plantas como amonio (NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻) (Carbonero, 1995).

Aproximadamente el 78% de la atmosfera corresponde a N, sin embargo, de igual manera, del N global, el 85% se encuentra en la corteza terrestre, mientras que el 15% restante se encuentra en la atmosfera, aunque se tiene alto

porcentaje de N en la corteza terrestre, los procesos de meteorización no aportan una cantidad significativa de N a la nutrición mineral de las plantas (Carbonero, 1995). Se considera al N como un elemento con alta movilidad, situándose en un ciclo constante entre la atmosfera, suelo y organismos vivos (Figura 3), para ello una serie de procesos y factores físico-químicos y biológicos participan en la fijación, mineralización, lixiviación, etc. (Mengel & Kirkby, 2000)

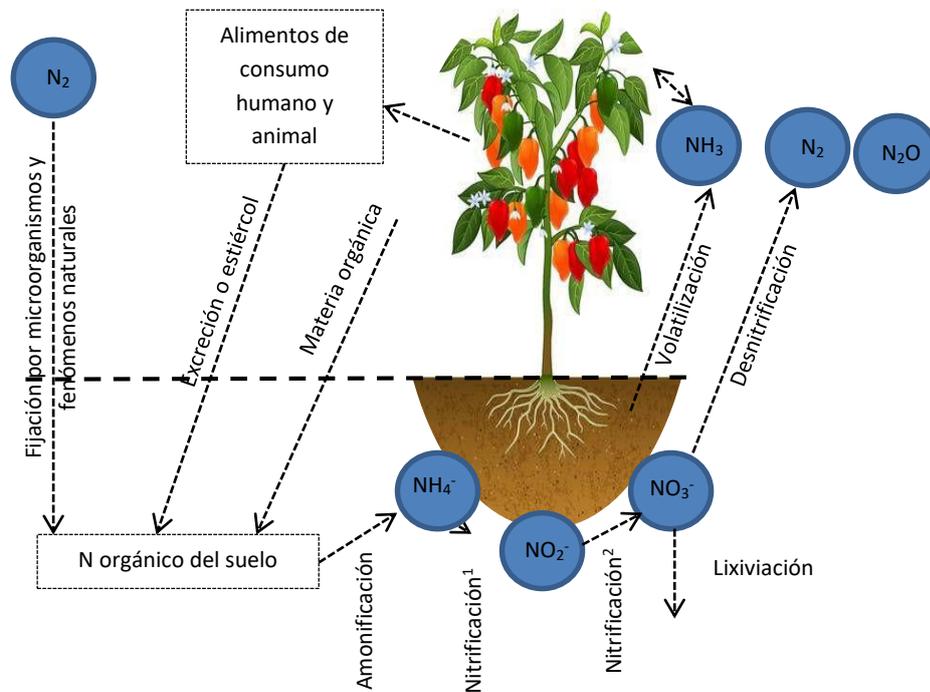


Figura 3 Formas de Absorción de N para la planta

Figura 3. Ciclo del Nitrógeno a nivel global (Fuente: Elaboración propia basado en (Mengel & Kirkby, 2000).

Así, la fijación mediante microorganismos es la principal fuente de N fijado al suelo, otras reacciones del N_2 con H_2 mediante gastos elevados de energía (radiación, meteoritos y rayos) fijan N pero en cantidades menores, de forma artificial este proceso se conoce como Haber-Bosch, obteniéndose amoniaco, del mismo modo, las excreciones o estiércoles ya sea humanos o animales, así como el aporte de restos vegetales de cultivos permiten fijar N orgánico al suelo (Carbonero, 1995)(Mengel & Kirkby, 2000).

Una vez fijado en el suelo, el N_2 sufre procesos de óxido-reducción, mediados por microorganismos presentes en el suelo, así como por propiedades del suelo como contenido de humedad, temperatura del suelo y relación C/N. Estos factores permiten la obtención de diversas moléculas de N, como NH_4^+ , NH_3^- , NO_2^- , NO_3^- , N_2 , etc., (Strawn et al., 2020).

Las formas de NH_4^+ y NO_3^- son mayormente absorbidas por las plantas, sin embargo, en suelos ácidos, el N se encuentra en formas amoniacales, mientras

que en suelos alcalinos la mayor cantidad de N se encuentra como nitrato, de hecho, la mayor parte de amonio es fijado por el suelo, mientras que el nitrato se mantiene disponible, además, en suelos cultivados, el amonio es oxidado rápidamente, generando mayor disponibilidad de formas nítricas en el suelo (Navarro García & Navarro García, 2013).

Tanto amonio como nitrato son absorbidos mediante proteínas de transporte ubicadas en las células corticales y epidérmicas de la raíz, empleando sistemas de alta o baja afinidad en función de la concentración de ambas formas asimilables en el suelo (Marschner, 2012).

Una vez dentro de la planta el N es muy móvil, pudiendo ser translocado de sitios no empleados a sitios de demanda, como los puntos de crecimiento. De esta manera, cuando el nitrato es absorbido en las raíces, se lleva a cabo un proceso de reducción mediante la acción de enzimas como nitrito reductasa y nitrato reductasa obteniéndose amonio, que se integra al ciclo del glutamato o en algunos casos se acumula en la vacuola a altas concentraciones, por el contrario, el amonio ingresa directamente al ciclo del glutamato para la formación y síntesis de aminoácidos y proteínas, ya que este no puede ser acumulado dentro de la célula (Barker & Pilbeam, 2007).

El N cumple diversas funciones en la planta, cerca del 50% conforma compuestos de alto peso molecular como proteínas y ácidos nucleicos, el resto como N orgánico soluble constituyendo aminoácidos, aminos y amidas o como N inorgánico como iones de nitrato y amonio, mayormente, el contenido de N en la planta es próximo al 1.5-5% del peso seco total (Azcón-Bieto & Talón, 2003)

2.6.2 Ciclo y funcionalidad del potasio

El potasio al ser un macronutriente esencial el cual se asocia a frutos grandes, está establecido en la superficie de la tierra, valorado en un peso aproximado de un 2.6% de la corteza terrestre (Melgar Ricardo J., Magen Hillel, 2001).

En la solución del suelo se encuentra disponible de una manera inmediata el cual puede ser adsorbido de esta misma forma, sin embargo, las cantidades presentes son muy reducidas, las plantas en desarrollo sacan con una mayor facilidad el potasio de la solución del suelo en tanto que el potasio es absorbido y succionado, la concentración es renovada y repuesta inmediatamente por el traspaso de formas menos sencillas y accesibles en lugares de adsorción de los coloides minerales orgánicos del suelo. La transformación de adsorción-desorción es el que restituye y proporciona la concentración de potasio de la solución del suelo (Conti, 1987).

(García Pilar et al., 2005) mencionan que el potasio se encuentra en el suelo en distintos silicatos los cuales forman a las rocas madres, al igual se combina con

la materia orgánica, aunque es escasa no es muy importante, así mismo existen formas iónicas libres en la solución del suelo, las cuales son asimiladas en complejo de cambio y adheridas en determinados suelos.

En la figura 4 se observan las formas y evolución del potasio en el suelo.

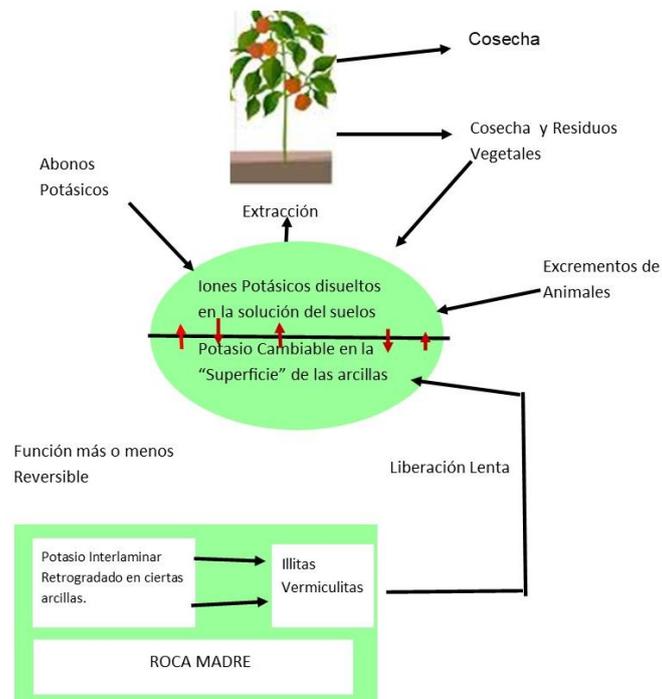


Figura 4. Ciclo del Potasio a nivel global (Fuente: Elaboración propia).

- Al igual, (Casanova Omar, 1988), menciona que el potasio desde una perspectiva de asimilabilidad para las plantas es clasificado en diferentes categorías: Mineral (Estructura) de 5000 a 25000 ppm lo que equivale a 12.8 a 64 meq/100 g.
- La segunda clasificación es el no intercambiable el cual está fijado o es lentamente asimilable que va de un rango de 50 a 750 ppm lo que es igual a .13 a 1,92 meq/100 g.
- El tercero es el intercambiable de 40 a 60 ppm o bien de 0.10 a 1,54 meq/100 g.
- Por último, de solución que va de un rango de 1 a 10 ppm (0.00256 a 0.0256 meq/100 g).

Si bien el potasio es un catión univalente (k^+) en mayor parte la asimilación depende de la expansión del elemento junto con otros factores como lo es el elevado contenido de calcio y magnesio donde se presenta un antagonismo, siendo este el más numeroso en el citoplasma, su papel importante en la

fisiología de la planta es en metabolismo de los carbohidratos y las proteínas. Al igual este elemento ayuda en el ahorro de agua ya que este regula la apertura estomática, que es importante para la absorción de CO_2 y la regulación de la transpiración, Aumenta la síntesis acelerada de más de 50 enzimas donde destaca el piruvato quinasa, enzima esencial en la respiración y metabolismo de los carbohidratos (Rodríguez S. Mariela, 2004).

2.6.3 Ciclo y funcionalidad del calcio

Considerado un macronutriente secundario el cual no se encuentra disponible para las plantas, debido a que este está en diferentes formas de complejo y no en forma de catión que es la forma comúnmente en la cual absorbe la planta el elemento que requiere (Paguay-Morejón Lucía, 2013).

El calcio tiene como origen las rocas y minerales de los que el suelo es formado la capacidad puede variar ampliamente, los suelos que se autonombren no calizos presentan un contenido con un rango de 0.1 y 0.2% mientras en los calizos tienen un 25% los principales compuestos de calcio que se encuentran en suelo siendo el más importantes son los carbonatos: Calcita (CaCO_3) y Dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), los secundarios siendo los Fosfatos: Flúorapatito ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$), Hidroxiapatito ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$), Oxiapatito ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaO}$) y Carbonatoapatito ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$), por ultimo encontramos al sulfato de cálcico (CaSO_4) y silicatos aluminicos: feldespatos y anfíboles, los cuales a consecuencia de la meteorización liberan calcio (Navarro & Navarro, 2013).

El calcio es un elemento que le brinda estructura a la planta ya que constituye la lámina media, paredes y membranas de la célula, participando en la división y extensión celulares (Marschner, 1986).

Con relación planta-calcio este es asimilado en forma de ion Ca^{2+} , esta forma iónica presenta una alta densidad lo cual le permite adherirse a las moléculas de agua, donde como ion hidratado se asimila de una forma más lenta que un catión que solo tiene una carga como K^+ y Na^+ (Salisbury, 1994).

2.6.4 Ciclo y funcionalidad del sodio

El sodio es considerado en algunos casos un elemento no esencial para la planta ya que sus concentraciones provocan una toxicidad en la planta aunque en ciertas ocasiones se ha utilizado como sustituto del K^+ , es un catión con una sola valencia, en plantas tipo C_4 es puesto como un micronutriente interfiriendo en el acoplamiento de transporte de metabolitos y ácidos como el pirúvico, pero en plantas C_3 no interviene en el proceso de la fotosíntesis, algunas cianobacterias requieren de ciertas dosis de Na^+ para el proceso de transporte de HCO_3^- y CO_2 , en la fijación y asimilación de Nitratos y Fosfatos (Azcón-Bieto & Talón, 2003).

Si bien un exceso de sodio conlleva a una sodicidad del suelo por lo cual se tiene como consecuencia una hidrólisis alcalina formando combinaciones de tipo carbonato de sodio Na_2CO_3 bicarbonato de sodio NaHCO_3 (Rhoades et al., 1992).

El sodio se presenta como ion Na^+ . Al combinarse con el cloro tenemos, cloruro de sodio NaCl el cual es el más presente en el suelo. Un exceso de este ion no solo afectan a el cultivo directamente al igual tienen un efecto negativo en los suelos como lo es el deterioro de la estructura del suelo, causando una baja porosidad y la retención de agua (Hasagawa Paul M., 2005).

Se considera suelos sódicos aquellos que contienen más del 15% de sodio entre los iones intercambiables, si bien son originados por el exceso del ion sodio el cual desplaza a los demás iones los cuales son absorbidos por la planta, fijándose en la parte más superficial del suelo en las cuales se encuentra los cultivos así afectándolos (Squieres V.R. & et al., 1994).

El sodio además de desplazar a los iones, tiene la característica al igual que el potasio de ser asimilado como ion por lo que este tiene competencia con el K, puesto a que el sodio al encontrarse en niveles altos interfiere con enzimas y afecta procesos metabólicos de la planta (Kapoor & Giri, 2009).

2.7 Relaciones de interacción de los iones en el suelo

Se ha comprobado que la absorción catiónica en las plantas corresponde a un sistema de absorción no específico, por lo que la modificación en la relación de cationes disponibles en el suelo, modifica la absorción de cierto catión en función de su disponibilidad pero no modifica la absorción total de cationes, es decir que la planta absorberá una cantidad determinada de cationes sin considerar cual sea, por lo que el aporte balanceado es vital (Mengel & Kirkby, 2000).

Para el suelo, los componentes estructurales como las partículas de arcilla y humus, con cargas negativas en su mayoría, regulan la disponibilidad de cationes, al adsorberlos a sus superficies. Mientras que los aniones son poco adsorbidos, quedando libres en la solución del suelo (Navarro García & Navarro García, 2013)

2.7.1 Relaciones cationes y aniones en el suelo

En los cultivos no solo se debe tener en cuenta la cantidad de elementos esenciales aportados mediante el manejo nutricional, sino que debe considerarse que estos guarden el balance en la solución del suelo. Por ello se puede presentar un sinergismo, lo que describe el un aumento en contenido o absorción de un catión o anión debido o en consecuencia de la absorción de otro, mientras un antagonismo es viceversa a esto (Casierra Posada Fanor, 2015). Siendo este proceso donde dos o más elementos trabajan juntos y causan una mejora en estado fisiológico de la planta es conocido como sinergismo fisiológico, al contrario del antagonismo fisiológico el cual es el exceso en la

disponibilidad o concentración de un elemento nutritivo reduciendo la absorción de otros. Los cuales dependen del tipo del suelo, propiedades físicas, de pH, temperatura ambiente (Malvi & U.R., 2011).

La interacción de los cationes y aniones se da en el suelo con o sin cultivos establecidos en los cuales los iones están en disponibilidad para ser asimilados por el sistema radicular (Bhatla Satish C., 2018).

2.7.2 Interacciones con pH y CE

El pH es una propiedad química de un medio la cual permite medir el grado de acidez o alcalinidad basada en la cantidad de hidrogeno reactivo disuelto en soluciones del suelo y agua. Teniendo mucha importancia en suelo y agua puesto que ahí se desarrollan las raíces y microorganismos que absorben los nutrientes, tendiendo hacer alcalino en suelos de regiones secas debido a que son pocas las lluvias en estas regiones hacen que en el suelo tenga baja capacidad de infiltración por lo que se forman compuestos como lo son el carbonato de calcio en cambio en las regiones húmedas tropicales los suelos se acidifican principalmente por la erosión de minerales aluminosilicatos y la constante liberación de aluminio a la solución del suelo a su vez se puede intensificar si la planta se absorbe N en forma de amonio al contrario de nitratos los cuales liberan al ser absorbidos por las plantas liberan hidroxilos e hidronios OH compensando el efecto acidificante de la rizosfera (Osorio, 2012).

De acuerdo con (ICA, 1992), la disponibilidad de iones varía en función de la escala de pH donde un pH menor 5 se considera extremadamente ácido con severa toxicidad por aluminio y manganeso, teniendo un antagonismo con P, S Mo junto con bases intercambiables al igual que altos niveles de micronutrientes, al tener un pH de 5.0-5.5 es fuertemente ácido teniendo similar forma que los menores a 5 siendo un poco más fértil con el requerimiento de encalamiento, los moderadamente ácidos tienen valores de pH de 5.5-6 en ellos ya no se espera toxicidad por metales pesados, se observa mayor disponibilidad de P, S, Mo y las bases, requiriendo poco encalamiento para ciertos cultivos, en un pH de 6.0-6.5 siendo ligeramente ácido es adecuado para las planta puesto que es donde más asimilan los nutrientes, el pH considerado ligeramente alcalino neutro tiene el rango de 6.5-7.3 encontrando niveles altos de Ca, K, Mg y Na teniendo ciertos cultivos deficiencias de micronutrientes y baja disponibilidad de P, un suelo alcalino tiene un pH de 7.4-8.0 en el tenemos una nula asimilación de P y micronutrientes al igual niveles altos de Ca, Mg, apareciendo niveles de Sodio (Na) considerados ya un problema para los cultivos por ultimo tenemos un pH muy alcalino teniendo como rango >8 en él se ven limitaciones de macronutrientes como lo es el P y micronutrientes como lo es hierro, boro, cobre y zinc teniendo un nivel de Na toxico para las plantas.

Mientras que la Conductividad Eléctrica (CE) es modificada por una serie de propiedades físico-químicas del suelo como lo son; textura del suelo, contenido de materia orgánica, humedad del suelo, porcentaje de saturación de sales, salinidad, pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} , tipos de suelo (Simón et al., 2013).

La interacción de la CE con el agua es una medida de la capacidad de la misma para el transporte de la corriente eléctrica, siendo asociada con la concentración de sales en solución, cuya separación genera iones los cuales tiene la habilidad de transportar la corriente eléctrica, teniendo en cuenta que la solubilidad de las sales en el agua es dependiente de la temperatura, siendo así que la conductividad tiene variaciones conforme a la temperatura que el agua tenga. En cambio, la dureza es una medida del contenido de los metales alcalinotérreos en el agua especialmente el calcio y magnesio, los cuales se originan por la separación de rocas minerales conocidos como carbonatos de calcio (CaCO_3) (Solís-Castro et al., 2018).

2.8 Uso de estiércoles de origen avícola en la agricultura

Los abonos o estiércoles presentan diversos contenidos de nutrientes minerales y otros compuestos, en función de su origen, tiempo de recolección, tipo de procesamiento, salud y edad del animal, etc., en cuanto al contenido mineral, destaca el alto contenido de macroelementos como nitrógeno, potasio y calcio. Los estiércoles empleados como abonos orgánicos mayormente son los de procedencia de la avicultura, porcicultura, cunicultura, carpicultura, y la ovicultura (Garro, 2016), en la actualidad existe una variedad de estiércoles empleados como abonos orgánicos, los cuales presentan diferencias en cuanto al contenido mineral y efectos sobre suelo y cultivos.

A la excreción de aves se le conoce como gallinaza, la cual dependiendo de los factores como lo es el contenido de agua va a depender su manejo, a su vez el tipo de manejo que se le dé a las aves influye directamente en los contenidos nutricionales que esta puede contribuir, la gallinaza puede dividirse en tres tipos que a su vez tienen características diferentes influenciadas por la dieta del ave, habitar, y desechos que se le puedan incorporar como son cascaras de huevo (Williams, 2011).

Gallinaza de piso: Está constituida por la reserva de sólidos de la producción de gallina de uso en producción de huevo, los cuales se mezclan con los residuos como plumas, cascara, huevos rotos, aserrín, viruta y materiales absorbentes que son usados como acondicionamiento de las gallinas, este tipo de estiércol pasa más de un año en la nave para después ser extraído y pasarlo a un proceso de secado (Garro, 2016).

Pollinaza: Se integra de los residuos de los sólidos de la producción de las aves de engorda, al igual compuesta de desechos de material que se encuentra en su jaula el cual acondiciona a las aves y a su vez es un contenedor de ellos, este

tipo de estiércol dura al menos 6 meses en cobertizo, pudiendo llegar a tener mayor contenido de carbono (Garro, 2016).

Gallinaza de jaula: Es el resultado de la integración de los desechos de los pollos como lo son cuitas, plumas, residuos de alimento y huevos quebrados, este tipo de estiércol tiene como característica principal un alto contenido de humedad y nitrógeno, el nitrógeno contenido en este tipo de estiércol es altamente volátil debido a que se encuentra en forma de amoníaco por lo que en el proceso de secado este se genera un nitrógeno orgánico más estable (Garro, 2016).

2.8.1 Propiedades físico-químicas de la gallinaza

Existe dos tipos de gallinaza (de jaula y piso) además de la pollinaza, sin embargo, existen diferentes características que las diferencia de cada una dividiéndose en químicas y físicas.

Las propiedades químicas abarcan desde la capacidad de intercambio catiónico en la cual la gallinaza de jaula es menor debido al bajo contenido de materia orgánica, a diferencia de la gallinaza de suelo, siendo la pollinaza la única que no tiene valores en este parámetro. En relación al pH, es más ácido en la gallinaza de jaula que en la de piso, pero menos que la pollinaza, la conductividad eléctrica es más elevada en la gallinaza de jaula a las demás, esto se puede atribuir al alto contenido de iones, a diferencia de los otros dos tipos. En cuestión de las propiedades físicas, destaca el contenido de humedad el cual es mayor en la gallinaza de jaula al resto de las demás, este parámetro afecta a la retención de nutrientes cuyo resultado es el mismo al de la humedad por ende este tipo de gallinaza tiene mayor densidad que los otros dos tipos (Peláez Carlos, 1999).

Figura 4 Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza fuente: Peláez 1999.

Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso	Pollinaza
pH	9.0	8.0	9.50 +/- 0.02
Conductividad (mS/cm)	6.9	1.6	4.1 +/- 0.1
Humedad (%)	57.8	34.8	25.8 +/- 0.2
Cenizas (%)	23.7	14	39 +/- 3
Potasio (K ₂ O%)	1.9	0.89	2.1 +/- 0.1
Carbono Orgánico (%)	19.8	24.4	23 +/- 5
Materia Orgánica (%)	34.1	42.1	39.6 +/- 8
Nitrógeno (%)	3.2	2.02	2.3 +/- 0.2
Relación C/N	6.2	12.1	10
Fósforo (P ₂ O ₅)	7.39	3.6	4.6 +/- 0.2
Microrganismos	18x10 ⁶ u.f.c/g		
6x10 ⁶ mohos /g	8X10 ⁶ u.f.c/g		
18x10 ⁶ mohos/g			

C.I.C (meq/100g muestra)	58.2	77.0	
C.I.C (meq/100 g M.O.)	226	138	125.0
Liposolubles (%)	3.0	0.96	
Retención de agua (ml/g muestra)	1.39	0.86	
Contenido de hidrosolubles (%)	4.1	5.5	
Densidad aparente (g/cc)	0.57	0.27	

2.8.2 Efecto de la gallinaza sobre el suelo

La gallinaza tiene un efecto favorable en las condiciones físicas y químicas del suelo, abarcando desde la densidad aparente (DA), conductividad eléctrica (CE), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contenido de materia orgánica (MO).

Considerando los principales efectos de la gallinaza con el suelo (Barahona Luis A; Villareal José E, 2017) indica que a través de los años hay cambios en las propiedades del suelo, siendo los parámetros de pH y MO los más beneficiados, teniendo en cuenta que mientras las dosis de gallinaza sean más exactas en su aplicación la asimilación por parte de los microorganismos es mejor dando como resultado la mejora de propiedades del suelo, este proceso da como resultado el enriquecimiento en carbono al suelo, el cual contribuye en la mejora estructural del suelo, pH, porosidad, densidad aparente y propiedades químicas, destacando que dosis altas de gallinaza tienen un impacto negativo como lo son la conductividad eléctrica.

2.8.3 Procesos de degradación y mineralización de la gallinaza

A temperatura ambiente se desarrollan microorganismos mesófilos los cuales se multiplican rápidamente como resultado de la actividad metabólica, al elevarse la temperatura da como resultado ácidos orgánicos que bajan el pH al alcanzar temperaturas de 40 °C, en este proceso intervienen los hongos termófilos, los cuales actúan convirtiendo el nitrógeno en amoníaco y el pH se hace más alcalino, a los 60 °C estos desaparecen para dar paso a bacterias esporígenas y actinomicetos los cuales descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas, al tener cambios de temperatura de manera descendiente al ser menor de 60 °C los hongos termófilos invaden y descomponen la celulosa al llegar a 40 °C los mesófilos igual reaparecen e inician su actividad y el pH desciende ligeramente (María Estrada Pareja, 2005) .

De acuerdo con (Jaramillo, 2016) por cada tonelada de gallinaza aplicada, la porción de nitrógeno orgánico mineralizado es de 22 kg y 3 kg de nitrógeno mineral siendo la forma amoniacal la cual predomina. Teniendo como condiciones óptimas 15-35 grados °C, en cuestión del carbono este tiene una aportación de 511-950 kg por hectárea con una mineralización de 16-20% de carbono aportado. Esto pudiendo aumentar con la interacción del suelo con la

gallinaza, así como los aumentos de la temperatura teniendo este proceso en lapsos más cortos de tiempo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

Esta investigación se realizó, en un invernadero del Departamento de Horticultura de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Entre las coordenadas 25° 21' 24" Latitud Norte y 101° 02' 04" Latitud Oeste y una altitud de 1,874 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 350-400 mm y temperatura media de anual de 18.8 °C. El suelo es de tipo calcáreo con elevados contenidos de carbonatos de calcio y magnesio y un bajo contenido de materia orgánica.

3.2 Material genético

El material utilizado fue una variedad experimental de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) denominada H-224, la cual destaca por presentar fruto de una tonalidad naranja (Latournerie-Moreno et al., 2015)

3.3 Manejo agronómico

Se realizó laboreo manual del suelo con azadones el día 1 de abril del 2022, para descompactación de suelo.

Posterior al laboreo de suelo, se hicieron camas de 1.8 metros de ancho, posteriormente se le aplicó e incorporó al suelo las diferentes dosis de gallinaza consideradas para cada tratamiento y repetición el día 24 de abril de 2022. El día 26 de abril se colocó acolchado plástico de color gris plata/negro.

Para el fertirriego se utilizó cintilla de la marca TORO® Aquatrax calibre 6 mil, con emisores a 20 cm y un gasto por emisor de 1.013 Lph a una presión de 8 a 10 psi.

El día 1 de mayo se aplicó fungicida captan® 300 g 100 L⁻¹ de agua al suelo como preventivo contra: *Rhizoctonia solani*, *Pythium sp.*

El trasplante se realizó el día 6 de mayo, a las 2 semanas posteriores al trasplante se le aplicó auxinas a 400 mg L⁻¹ y fósforo 450 mg L⁻¹ para tener un mejor desarrollo radicular.

Respecto al manejo nutricional, mediante fertirriego se aplicó una solución para pimienta (ACEA, 2022), diluida al 50% durante todo el ciclo de cultivo. ver tablas 1 y 2.

Tabla 1 Requerimiento de Macroelementos en mEq-L⁻¹

mEq L⁻¹

C.E.	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄
1.6	0	3.5	3.75	1.25	6.125	1.25	.625

Tabla 2 Requerimiento de Microelementos en ppm.

mg L ⁻¹						
C.E.	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1.6	0.560	0.560	.260	.270	.03	0.05

El control de malezas se realizó de manera manual durante todo el ciclo, para el caso de tutorado se realizó un tutorado tipo español o espalderas, con 4 hilos de rafia con una separación de 30 cm aproximadamente.

El manejo de plagas y enfermedades se hizo a través de un calendario de aplicación mostrado en las tablas 3 y 4.

Tabla 3 Calendario de aplicaciones para el control de plagas.

Control de Plagas		
Fecha	Producto	Dosis
14-may-22	Neem Organic	1 ml L de Agua
21-may-22	Malathion	05 ml L de Agua
04-jun-22	Engeo	5 ml * 20 L de Agua
18-jun-22	Neem Organic	1 ml L de Agua
25-jun-22	Cipermetrina	1 ml L de Agua
09-jul-22	Imidacloprid	0.5 ml L de Agua
23-jul-22	Engeo	5 ml * 20 L Agua

Tabla 4 Calendario de aplicaciones para el control de Bacterias y Hongos.

Calendario de Aplicaciones para el Control de Bacterias y Hongos		
Fecha	Producto	Dosis
14-may-22	Armadura 240 + Agriguard	5 ml * 20 L de Agua / 4 gramos por 20 L de Agua
21-may-22	Oxicob	25 g por 20 L de Agua
04-jun-22	Tecto + Curamycin	5 g * 20 L / 5 g * 20 L de Agua
18-jun-22	Oxicob	25 g por 20 L de Agua
25-jun-22	Armadura 240 + Agriguard	5 ml * 20 L de Agua / 4 gramos por 20 L de Agua
09-jul-22	Manzeb	15 g * 20 L de Agua
23-jul-22	Oxicob	25 g por 20 L de Agua
30-jul-22	Armadura 240 + Agriguard	5 ml * 20 L de Agua / 4 gramos por 20 L de Agua

Para la cosecha, se realizaron 3 cortes en todo el ciclo: El primer corte fue realizado el 24 de agosto del 2022, el segundo corte se realizó con fecha del 28

de septiembre del 2022 y el tercero el día 2 de noviembre del 2022. Estas cosechas se hicieron considerando como principal criterio la presencia de frutos con coloración naranja de 60% o más.

Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada repetición constó de un surco de 20 m de largo por 1.8 m de ancho y una separación de 1 m entre camas, las plántulas se sembraron a doble hilera con una separación de 70 cm entre plantas y 45 cm entre hileras.

Se evaluaron seis tratamientos consistentes en cinco diferentes dosis de gallinaza aplicada al suelo y un testigo absoluto sin aplicación de gallinaza, tal y como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5 Diseño de los tratamientos junto con las dosis.

Diseño de los tratamientos junto con las dosis a tratar		
Tratamiento	Descripción	Dosis de Gallinaza (t ha ⁻¹)
1	Testigo (T ₀)	0.0
2	Gallinaza (G5)	5.00
3	Gallinaza (G10)	10.00
4	Gallinaza (G15)	15.00
5	Gallinaza (G20)	20.00
6	Gallinaza (G25)	25.00

3.5 Variables evaluadas

Se midieron variables agronómicas las cuales se emplearon para medir el crecimiento de la planta y variables relacionadas a la concentración de iones NO₃⁻, Ca²⁺, K⁺, Na⁺, pH y CE de la solución del suelo, lo que permitió establecer la dinámica de liberación de iones de la gallinaza, adicionalmente se midieron variables fisiológicas como conductancia estomática y contenido de clorofila.

3.5.1 Variables agronómicas de crecimiento

Para evitar un efecto combinado de los tratamientos, se seleccionaron como unidades experimentales a 3 plantas ubicadas en el centro de cada tratamiento y repetición, la toma de datos comenzó una semana después del trasplante, las variables consideradas se detallan a continuación:

Altura de planta (AP): Empleando un flexómetro manual Pretul (CDMX, México) se midió la altura de la planta, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, los valores obtenidos se expresaron en cm.

Diámetro de tallo (DT): Utilizando un Vernier digital CD-8 (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japón) se tomó datos del diámetro del tallo dejando un espacio aproximado de 5 cm entre el suelo, los datos obtenidos se expresan en mm.

Peso del Fruto (PF): Haciendo uso de una báscula gramera H-8109 (Ohaus, NJ, USA) tomando de referencia el peso total de los frutos cosechados en las tres plantas muestreadas por tratamiento y dividiendo entre el número de frutos se obtuvo el peso promedio expresado en gramos g.

3.5.2 Variables fisiológicas

Conductancia Estomática (CondEst): Empleando un Porómetro de la marca Leaf Porometer SC-1 (Decagon Devices, Inc., WA, USA) se hicieron mediciones en tres periodos de tiempo en el día tomando de referencia los horarios de 8:00 hrs, 12:00 hrs y 16:00 hrs, realizándose 5 mediciones en todo el ciclo del cultivo, los datos obtenidos se expresaron en $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de vapor de agua.

Clorofila (Clor): Empleando el equipo Leaf SPAD-502 PLUS (Osaka, Japón), con el cual se utilizó para hacer una medición en todo el ciclo, los resultados se expresaron en unidades Spad.

Concentración de iones NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} (ID): Las mediciones echas fueron por Ionómetros de marca Horiba (Kyoto, Japón) con modelos LAQUAtwin- NO_3^- -11, K-11 y Ca-11 para NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} , respectivamente calibrados a dos puntos de calibración 150 y 2000 mg L^{-1} los resultados fueron expresados en mg L^{-1} .

3.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) bajo un modelo de bloques completos al azar, adicionalmente se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se empleó el paquete estadístico Infostat V. 2020 (Córdoba, Argentina).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables fisiológicas y de crecimiento

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA, $P \leq 0.05$) no se observó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se observó una diferencia significativa entre bloques en la variable de conductancia estomática de las 8 am (CondEst 8:00 hrs). Al igual se presenta una diferencia altamente significativa entre bloques en la variable de conductancia estomática a las 4 pm (CondEst 16:00 hrs). Así mismo, no hubo diferencias significativas en la variable de CondEst, siendo los coeficientes de variación bajos, lo que nos da a entender que la presencia de error fue mínima en los datos analizados (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de las variables de altura, diámetro y conductancia estomática en chile habanero por efecto de la gallinaza.

F.V.	G.L.	AP	DT	ConEst 8:00	ConEst 12:00	CondEst 16:00	Clor
Tratamiento	5	72.03 ^{ns}	4.85 ^{ns}	205.66 ^{ns}	308.66 ^{ns}	1301.16 ^{ns}	52.75 ^{ns}
Bloque	2	102.72 ^{ns}	1.56 ^{ns}	1782.26*	228.48 ^{ns}	7898.91 ^{ns}	80.59 ^{ns}
Error	10	35.8	1.83	409.82	1879.06	502.04	32.07
C.V.		12.39	10.22	8.35	15.56	8.09	14.9

F.V: Fuentes de variación; G.L.: Grados de Libertad; AP.: Altura; DT.: Diámetro; CondEst 8:00.: Conductancia Estomática 8 am; CondEst 12:00.: Conductancia Estomática 12 pm; CondEst 16:00.: Conductancia Estomática 4 pm; Clor.: Clorofila; C.V.: Coeficiente de variación; NS: Sin diferencia estadística significativa; *: Diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$); **: Diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$).

La prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) contradujo lo antes expuesto por el análisis de varianza, ya que se tiene diferencia significativa en las variables de AP, DT y CondEst a 4 pm, debido a que esta prueba de comparación de medias es menos estricta, por ello se pueden encontrar diferencias, aunque sean muy mínimas por lo que tenemos grupos estadísticos diferenciados (Tabla 7). Los resultados para cada variable se detallan y discuten en seguida.

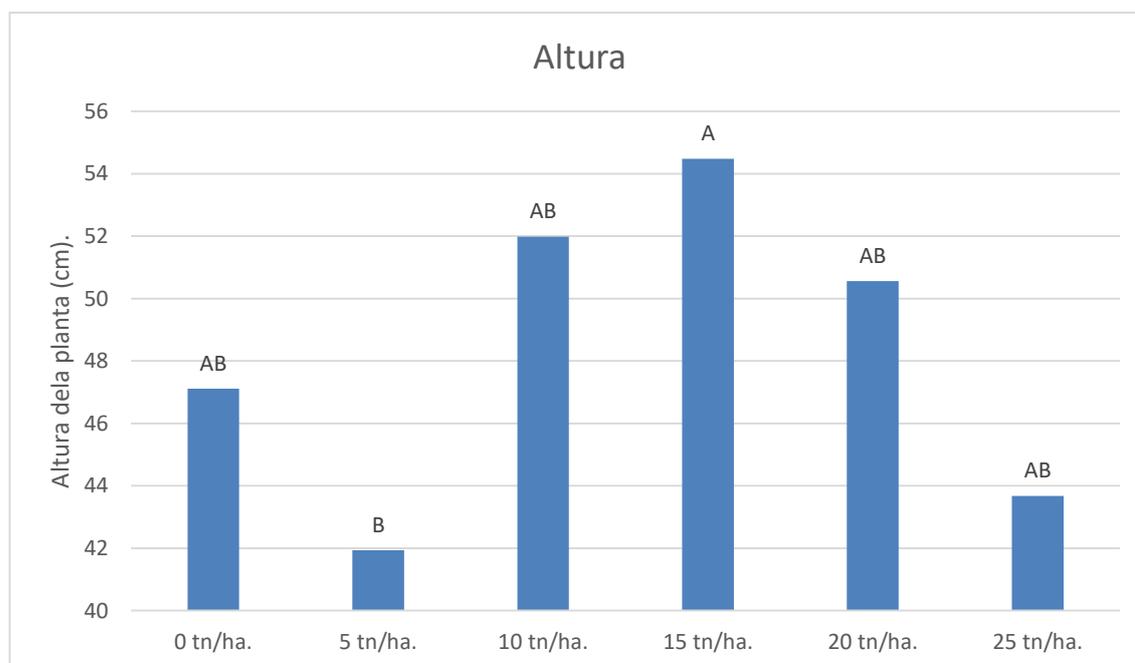
Tabla 7. Medias estadísticas (LSD Fisher, $P \leq 0.05$) obtenidas por el efecto de diferentes dosis de gallinaza aplicadas al suelo en variables de crecimiento en chile habanero.

Tratamiento	AP	DT	CondEst 8:00	CondEst 12:00	CondEst 16:00	Clor
0 t h ⁻¹	41.11 AB	12.08 BC	237.01 A	271.50 A	273.59 AB	42.07 A
5 t h ⁻¹	41.94 B	12.59 ABC	253.16 A	291.82 A	286.33 AB	32.72 A
10 t h ⁻¹	51.98 AB	13.95 ABC	244.50 A	290.66 A	247.12 B	34.03 A
15 t h ⁻¹	54.48 A	14.52 AB	250.32 A	275.30 A	307.91 A	40.37 A
20 t h ⁻¹	50.56 AB	14.61 A	235.77 A	268.08 A	283.83 AB	36.38 A
25 t h ⁻¹	43.68 AB	11.72 C	233.07 A	273.86 A	263.77 B	42.42 A

AP: Altura; DT: Diámetro; CondEst 8:00: Conductancia Estomática 8 am; CondEst 12:00: Conductancia Estomática 12 pm; CondEst 16:00: Conductancia Estomática 4 pm; Clor: Clorofila; C.V; Coeficiente de variación: Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$); Valores con la misma letra en la misma columna no difieren.

Altura: El resultado del análisis de varianza muestra diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento de 15 t ha⁻¹ el que presentó los valores medios más altos (54.48 cm), en la figura 11 se muestra el comportamiento, de valores medios para esta variable

Figura 5 Comportamiento de la variable altura de planta en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.



El tratamiento de 15 toneladas por hectárea generó un promedio de 54.48 cm, siendo la mayor altura con respecto a la demás dosis de gallinaza. Los

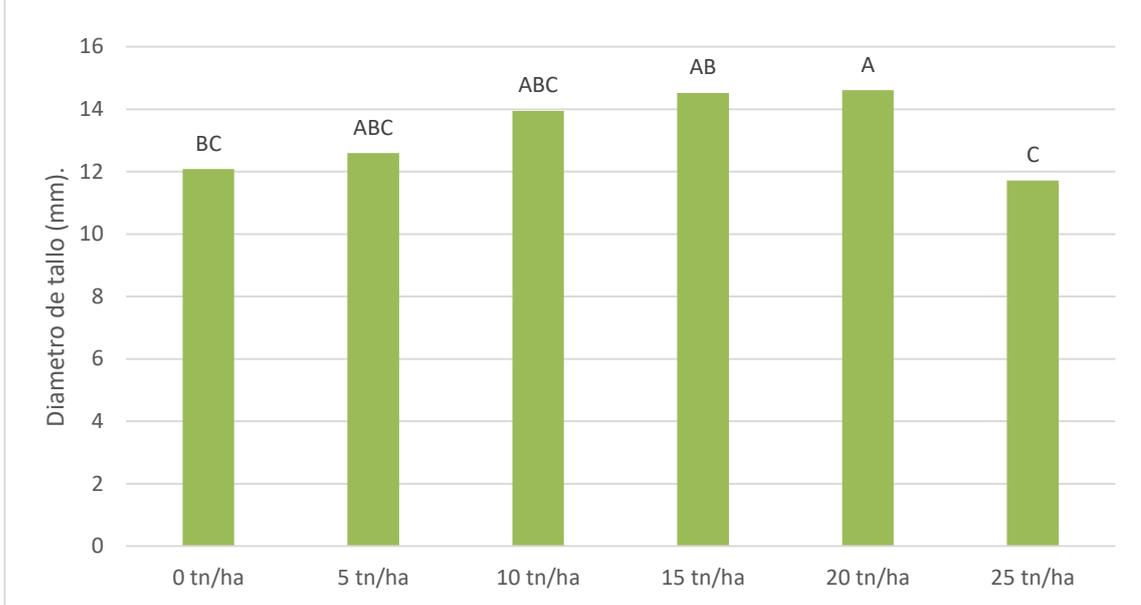
tratamientos Testigo, 10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, y 25 t ha⁻¹ tienen una media similar, la variable 5 t ha⁻¹ presenta el menor valor estadístico. Esto difiere con (Díaz Franco et al., 2016), ya que menciona que al utilizar solo gallinaza a dosis de 3 t ha⁻¹ sin alguna otra combinación de fertilizante no incrementa la altura de la planta de calabacita, al igual que (Cantarero & Martínez, 2002) menciona que la gallinaza no muestra alguna diferencia significativa en la altura de maíz a dosis de 1386.42 y 2772.84 kilogramos por hectárea.

Se sugiere que hubo diferencia significativa en la altura de la planta ya que (Orozco & Thienhaus, 1997) mencionan que a menor humedad en el suelo, se reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica, asimilación de nutrientes por parte de la planta y constitución de tejidos vegetales, gracias a que se tuvo un sistema de riego por goteo, el suelo tuvo buena humedad lo que como consecuencia ayudó a la descomposición de la gallinaza, por lo que no se vio afectada la absorción de nutrientes por la planta y la formación de tejidos vegetativos.

Si bien los tratamientos con mayor cantidad de gallinaza no tuvieron una diferencia significativa esto se puede atribuir a que las plantas asimilan nitrógeno en cantidades mayores a las que pueden asimilar, por lo que puede presentar una acumulación de este ion, lo que genera problemas de intoxicaciones (Barreto Torrella, 2019) (Choudhury et al., 2020).

Diámetro de tallo: Para la variable de DT se encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) como efecto de la gallinaza siendo el tratamiento de 20 t h⁻¹ el de mayor valor y el de 25 t h⁻¹ el más bajo. La disposición de la variable diámetro de tallo, evaluada durante el periodo del experimento se muestra en la gráfica siguiente (Figura 12).

Figura 6 Comportamiento de la variable DT en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.



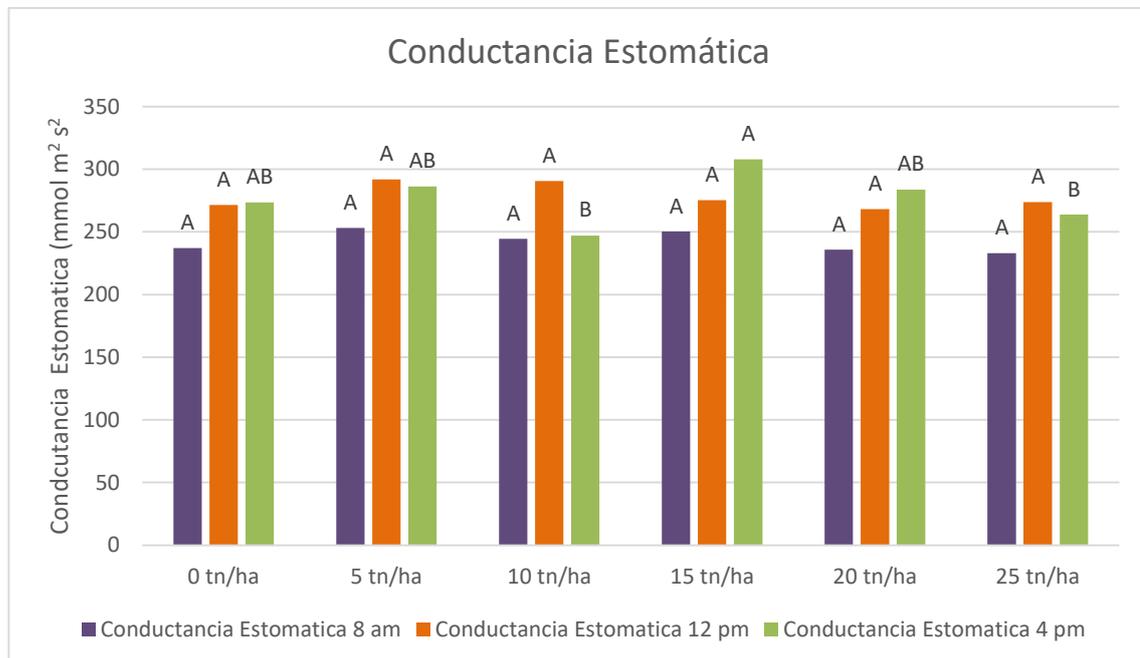
La variable de 20 t h⁻¹ tuvo diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, si bien las variables 0 t h⁻¹, 5 t h⁻¹, 10 t h⁻¹ y 15 t h⁻¹ no tiene diferencia significativa, el tratamiento 25 t h⁻¹ es el más bajo. Los resultados difieren con (Díaz-Vázquez & Sandoval-Rangel, 2023) quienes no encontraron diferencia significativa por efecto de gallinaza en tomate silvestre para la variable de diámetro de tallo, así mismo (Eliseo et al., 2005) no encontró un efecto significativo por parte de la gallinaza en el diámetro en el cultivo de tomate bajo invernadero con dosis de 0.5 a 2 t h⁻¹.

De acuerdo con (Agbede, T.M., Ojeniyi, 2008) los efectos positivos que tiene los estiércoles como es el caso de la gallinaza en las características del suelo estabilizan la estructura del suelo, densidad aparente, aumentan la porosidad, infiltración y retención de agua, afectando positivamente el crecimiento de raíz, absorción de agua y nutrientes, así mismo la liberación de nutrientes por parte de la gallinaza tiene un efecto positivo en el crecimiento de la planta.

Por otro lado, el aporte excesivo de la gallinaza tiene como efecto la reacción química de un deterioro estructural del suelo, teniendo como consecuencia un alto contenido de sales y nutrientes, acumulación de residuos como lo son plumas o cascaras de huevo lo que genera microorganismo altamente patógenos (Owamah et al., 2020). Esto puede interferir en el buen desarrollo de la planta por lo que se sugiere que en el tratamiento de mayor contenido de gallinaza pudo ser una causa.

Conductancia Estomática: El resultado del análisis de variancia muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados en las mediciones de 8 am y 12 pm sin embargo en la medición de 4 pm se

Figura 7 Comportamiento dinámico de la variable Conductancia Estomática en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.

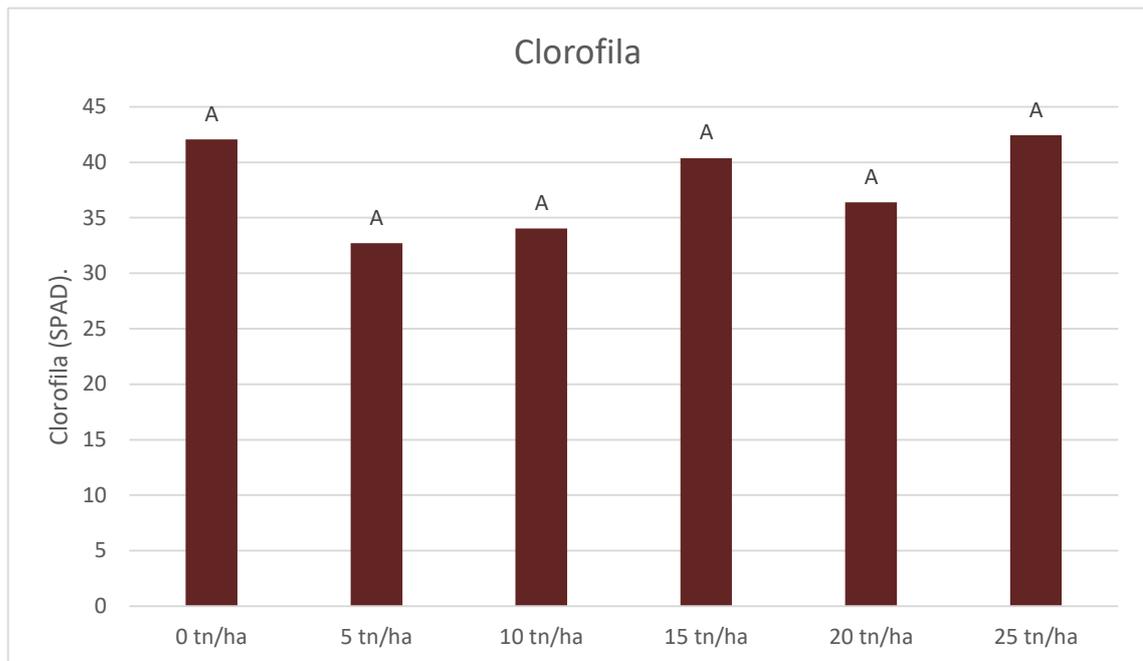


encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el cual el tratamiento de 15 t h^{-1} es el valor más alto, a continuación, muestra las variables evaluadas (Figura 13).

El tratamiento 15 t h^{-1} , de la medición de las 4:00 pm muestra el mayor valor obtenido con una media de $307.91 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de vapor de agua teniendo una diferencia significativa. Esto concuerda con (Pino V. et al., 2019) el cual encontró una diferencia significativa en mediciones realizadas en olivo. Por el contrario (Dell et al., 2017) muestra que si hay diferencia significativa en la medición de conductancia estomática en tomate con una media de $308.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de vapor de agua a las 11:00 am, este resultado se puede atribuir a que la conductancia estomática se correlaciona en las mañanas con la humedad del suelo, radiación solar y evaporación diaria y por las tardes con las temperaturas máximas y medias por lo que tenemos los valores más altos a mediados del día.

Debido a que la mayor salida de vapor de la planta se da en horas del mediodía, a su vez los niveles más bajos se encuentran a principios de la mañana y tarde, por ello encontramos que las variaciones de medio día son en promedio más altas que las de 4 pm, si bien no se encontró una variación en la mediciones esto tiene una similitud con (Pérez et al., 2008) debido a que se puede observar una variación de 2 y 9 % en las mediciones de medio día, por lo que se puede atribuir a que la mayoría de las mediciones se hicieron en verano por lo que se tenía una mayor presencia de sol y al medir dos plantas por tratamiento se prolongaba más el tiempo de medición entre las variables por lo que los promedios de estos no varían mucho.

Clorofila: En la variable Clor no se encontró ninguna diferencia significativa ($P \leq 0.05$), entre tratamientos siendo el tratamiento de mayor contenido de gallinaza el que alcanzó una media más alta, a continuación, se presentan las tendencias mostradas en función a la variable de clorofila (Figura 14).



El tratamiento de 25 t h⁻¹ se diferenció de los otros cinco con un valor de 42.42 mientras que el valor más bajo lo presentó el tratamiento de 5 t h⁻¹ con una media de 32.72. (Ontiveros-Capurata et al., 2022) menciona que obtuvo diferencia significativa en mediciones de SPAD en sus tratamientos los cuales consistieron en el aumento de nitrógeno en el cultivo de albahaca. Por su parte (Rodríguez M. et al., 1998) obtuvo una alta correlación entre el nitrógeno aplicado y las unidades SPAD en el cultivo de tomate con tratamientos 150 y 200 kg de N h⁻¹ el cual no encontró alguna diferencia significativa.

Se puede atribuir que el tratamiento de 25 t h⁻¹ tiene la media más alta debido a que el SPAD es un medidor indirecto de N y al tener este un exceso de gallinaza este ion está más presente y al no participar en el complejo absorbente está disponible para planta en cualquier momento y este al estar relacionado con el contenido de clorofila ya es un componente de la molécula, tenemos la media más alta en este tratamiento (Taiz & Zeiger, 2006).

4.2 Dinámica de los iones evaluados y sus interacciones

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA $P \leq 0.05$) no arrojaron diferencias significativas para ninguna variable, sin embargo, se puede observar una diferencia entre bloques en las variables de Ca y pH al igual muestra una diferencia altamente significativa en las variables de K, Na y CE Tabla 8.

Tabla 6 Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) del as variables de NO_3 , K, Ca^{2+} , Na, pH y CE en el cultivo de chile habanero por efecto de la gallinaza a diferentes dosis al suelo.

F.V.	G.L.	NO_3	K	Ca	Na	pH	CE
Tratamiento	5	7539.48 ^{ns}	412.94 ^{ns}	854.53 ^{ns}	95.97 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Bloque	2	51439.36 ^{ns}	10112.58**	4318.72*	1851.35**	0.02*	0.07**
Error	10	21544.34	628.13	1023.5	160.14	0.03	0.01
C.V. (%)		41.84	22.43	15.35	10.13	0.85	7.18

F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; NO_3 : nitratos; K: potasio; Ca: calcio; Na: Sodio; pH: potencial de hidrogeno; CE: conductividad eléctrica; C.V.: coeficiente de variación; NS: sin diferencia estadísticas significativas; *: diferencia estadística significativa; **: diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$).

La prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) reafirmó lo antes expuesto por el análisis de varianza, ya que no se encontró significancia alguna entre variables (Tabla 9), los resultados para cada variable se detallan y discuten en seguida.

Tabla 7 Medidas estadísticas (LSD Fisher $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto de la gallinaza en chile habanero.

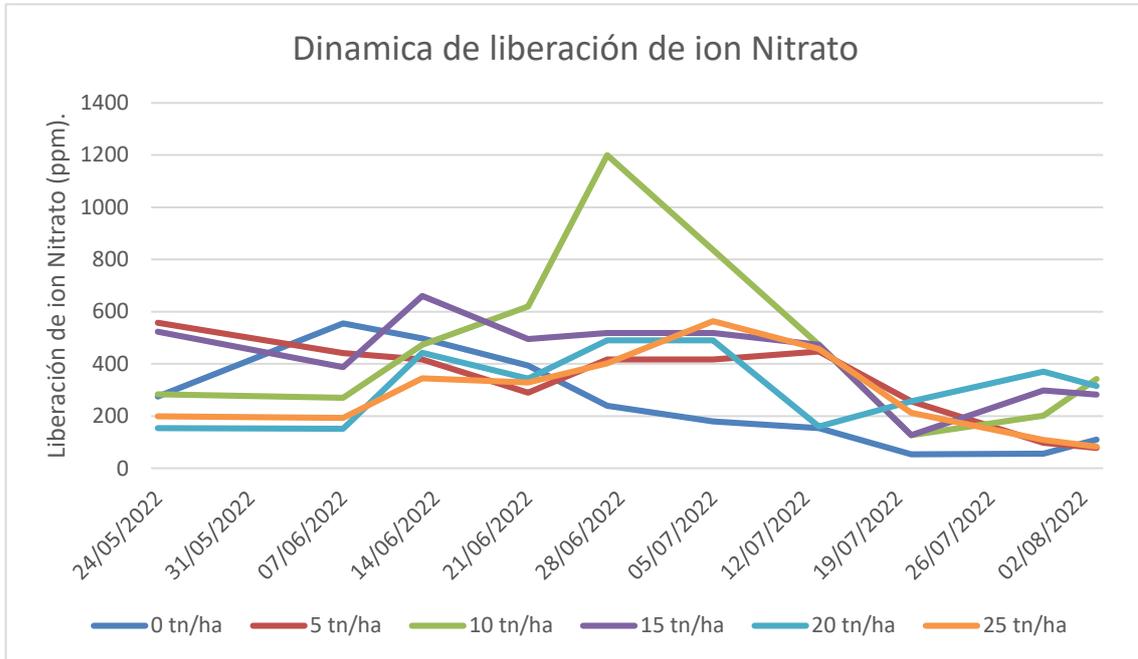
Dosis	NO_3	K	Ca	Na	pH	CE
0 t h ⁻¹	336.13 A	107.29 A	216.46 A	122.99 A	7.76 A	1.39 A
5 t h ⁻¹	301.69 A	96.18 A	191.00 A	115.63 A	7.75 A	1.26 A
10 t h ⁻¹	400.06 A	114.59 A	214.89 A	124.49 A	7.78 A	1.33 A
15 t h ⁻¹	330.89 A	115.04 A	183.83 A	125.81 A	7.84 A	1.39 A
20 t h ⁻¹	310.83 A	106.04 A	218.55 A	128.69 A	7.85 A	1.35 A
25 t h ⁻¹	425.08 A	131.16 A	225.93 A	132.32 A	7.85 A	1.34 A

NO_3 : nitratos; K: potasio; Ca: calcio; Na: Sodio; pH: potencial de hidrogeno; CE: conductividad eléctrica; C.V.: coeficiente de variación; NS: sin diferencia estadísticas significativas; Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$); Valores con la misma letra en la misma columna no difieren.

Nitrato: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados, a continuación, se

muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Grafica 1).

Grafica 1 Dinámica de liberación del ion nitrato (NO_3^-) por efecto de la gallinaza en chile habanero.



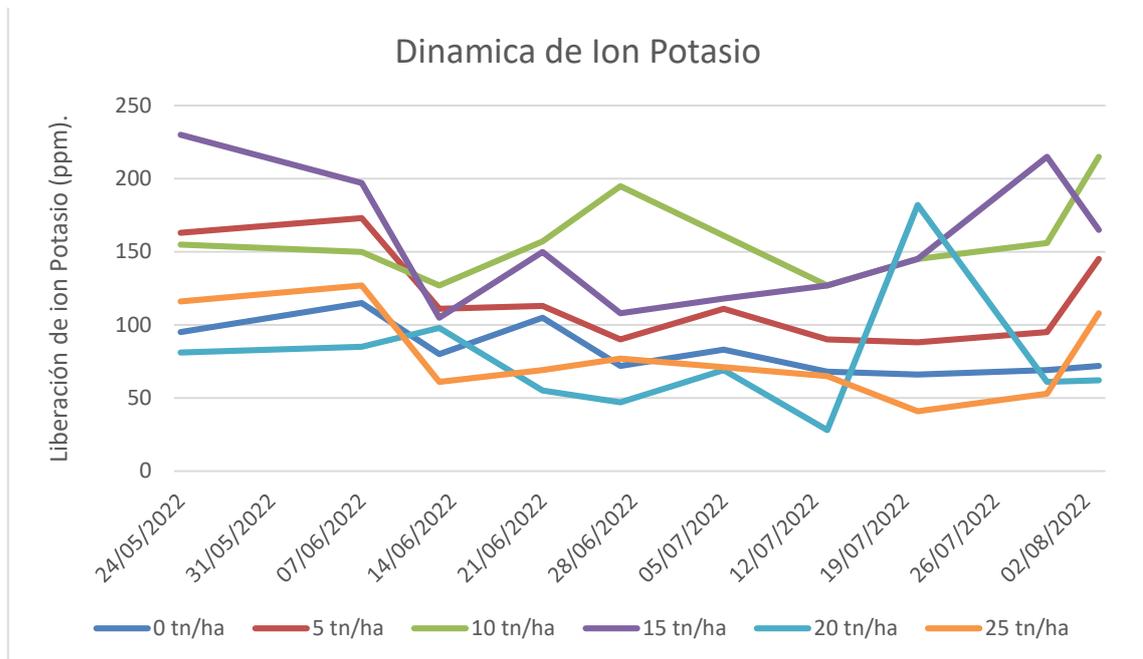
Los resultados para la cantidad de nitratos muestran que el tratamiento de 10 t h^{-1} fueron superiores a los demás tratamientos debido a que se observó un incremento en la solución del suelo desde la fecha 21 de agosto del 2022 teniendo su pico más alto 27 de agosto del mismo año con 1200 mg L^{-1} , ya que (INIVIT; & ACTAF, 2007) mencionan que la materia orgánica debe ser aplicada según el contenido del suelo, pudiendo aplicar desde las $15\text{-}18 \text{ t h}^{-1}$ de diferentes abonos orgánicos los cuales no generan una toxicidad para la planta y suelo, por lo que se tiene una mejor liberación de este ion, así mismo (Hernández Díaz et al., 2014), menciona que el nitrato no toma parte en el intercambio que se produce en el complejo absorbente del suelo por lo que se encuentra disponible para la planta en cualquier momento.

Por su parte (Pacheco-Avila et al., 2002) y (Canales-Almendares et al., 2021) aclaran que el nitrógeno puede ser asimilado por la planta, lixiviarse o pasar por el proceso de desnitrificación con base en los volúmenes de agua y oxígeno en suelo así como la cantidad de materia orgánica. Dando como resultado que el nitrato aportado por la gallinaza sea disponible para la planta, siendo el tratamiento 10 t h^{-1} el mejor ya que dosis menores a $20\text{-}25 \text{ t h}^{-1}$ no influye de una manera negativa a los procesos de oxigenación del suelo, retención de humedad y exceso de materia orgánica.

Potasio: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los seis tratamientos evaluados, a continuación, se muestra el

comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Grafica 2).

Grafica 2 Dinámica de liberación del ion Potasio (K) por efecto de la gallinaza en chile habanero.



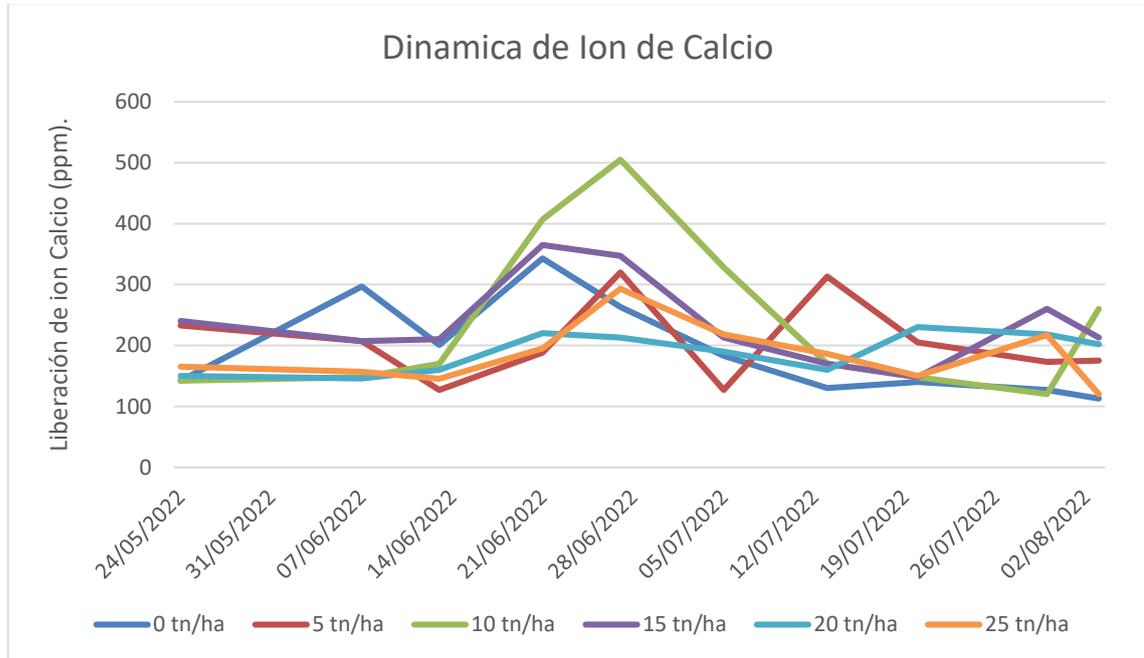
Los resultados de la dinámica de liberación del potasio muestran una tendencia parecida entre los tratamientos 10 t h^{-1} y 15 t h^{-1} , siendo este último el que tuvo una rápida liberación del ion con 230 mg L^{-1} , al igual el tratamiento 10 t h^{-1} obtuvo el 3 de agosto 215 mg L^{-1} siendo este su punto de liberación más alto, ambos tratamientos muestran ser los más altos durante todos los muestreos. (Borges Lizett., et al., 2006) mencionan que la absorción de potasio por parte del chile habanero corresponde a un mecanismo de baja semejanza, observando que a menores concentraciones se tiene mejor afinidad a los iones, considerado clave para la fertilización y buen uso de insumos.

Al igual (Lince Salazar et al., 2015) menciona que en los suelos cafetaleros de la zona de central de Colombia, la disponibilidad del potasio está determinado en función de las propiedades del suelo, de tal manera que a niveles de profundidad de 30 cm presenta niveles bajos entre los cationes evaluados (Ca^{+2} y Mg^{+2}), coincidiendo con los tratamientos evaluados al ser el potasio el ion con los valores más bajos, esto pudiéndose relacionar a una menor retención de coloides debido a su monovalencia.

Calcio: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados, a continuación se

muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Grafica 3).

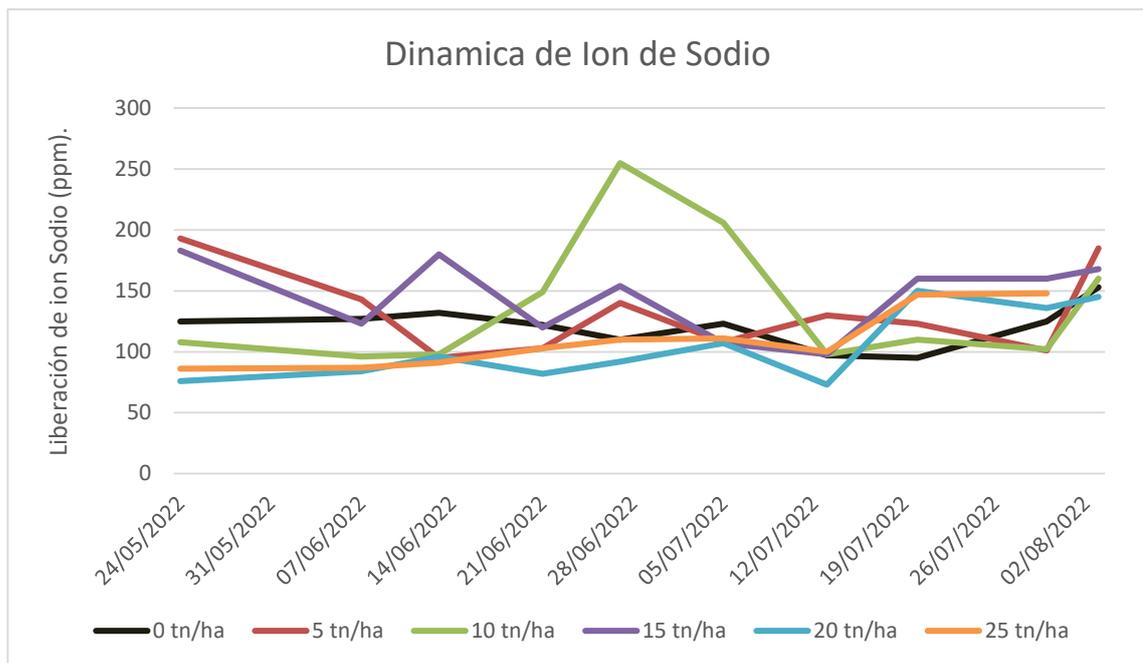
Grafica 3 Dinámica de liberación del ion Calcio (Ca) por efecto de la gallinaza en chile habanero.



Los resultados arrojan similitudes entre los tratamientos, esto debido a que el suelo contiene Ca^{+2} , esto junto a lo suministrado por el aporte de la solución nutritiva. Si bien en promedio todos los tratamientos tienen un alto aporte a la solución nutritiva $5 t h^{-1}=207 mg L^{-1}$, $10 t h^{-1}=240 mg L^{-1}$, $15 t h^{-1}=237 mg L^{-1}$, $20 t h^{-1}=189 mg L^{-1}$, $25 t h^{-1}=185 mg L^{-1}$, el testigo mostró al igual un alto contenido de calcio con $194 mg L^{-1}$, lo que demuestra que en suelos calcáreos por si sola la solución del suelo puede dar el requerimiento de la planta en concentraciones al 50%, ya que si bien los tratamientos dan un aporte positivo es excesivo para la planta debido a que bloquea a elementos como los son magnesio y potasio. Por su parte la (FAO, 1993) menciona que la materia orgánica es capaz de absorber más que la cantidad comparable de diferentes suelos, por ello es importante saber las dosis adecuadas de materia orgánica en suelos degradados con menor adsorción como lo son suelos calcáreos.

Sodio: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados, a continuación, se muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas.

Grafica 4 Dinámica de liberación del ion Sodio (Na) por efecto de la gallinaza en chile habanero.



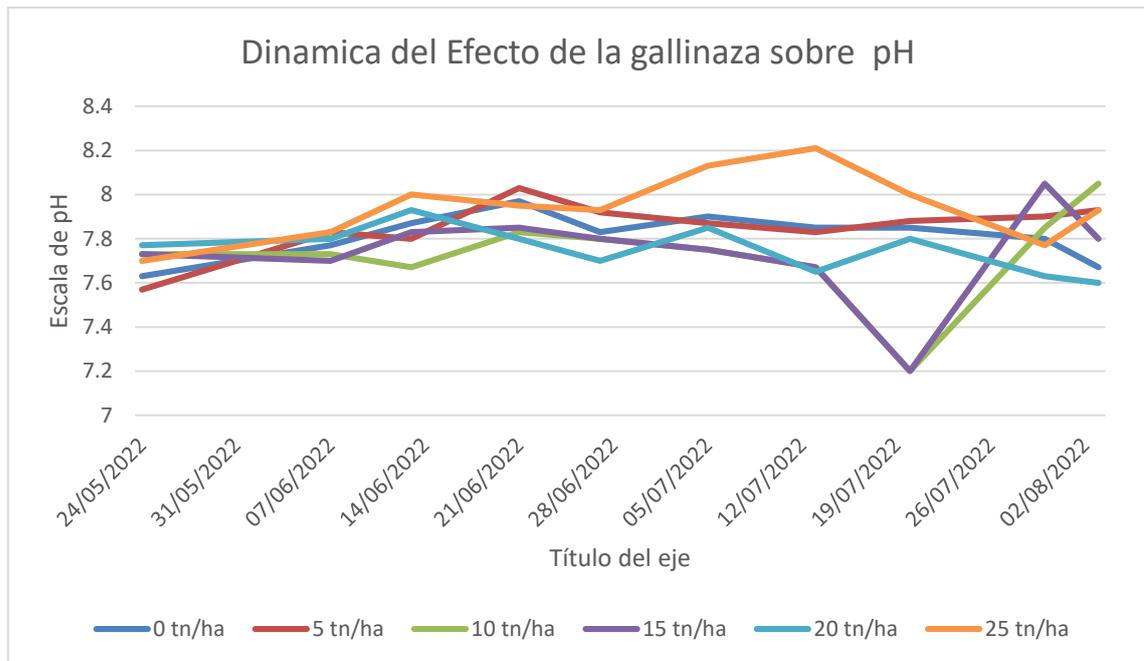
Las mediciones de sodio demuestran que el tratamiento de 20 t h⁻¹ fue el que tuvo una mejor reacción ya que presentó el valor más bajo con 73 mg L⁻¹ por su parte el tratamiento de 10 t h⁻¹ muestra los valores más altos con 255 mgL⁻¹ los demás tratamientos tuvieron una similitud entre los niveles de sodio.

El promedio de todos los tratamientos fue de 125 mg L⁻¹ lo cual es una alta concentración de sales, cada tratamiento tuvo promedios arriba de 100 mg L⁻¹, siendo un valor alto para las plantas, lo anterior concuerda con (Torres et al., 2016) quien menciona que un exceso de compost con 100 mg Kg⁻¹ de gallinaza presenta valores de alto riegos de salinización, sodificación, degradación del suelo a corto y largo plazo reduciendo germinación de semillas y desarrollo radicular.

Por lo que podemos ver este efecto negativo del uso de la gallinaza debido a que en regiones áridas y semiáridas el exceso o uso inadecuado de estos incrementan la saturación de sales en la capa de donde se trabaja lo que conllevaba a tener efectos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Torres Dulilio et al., 2006)(Pastor et al., 2016).

Potencial de Hidrogeno: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados, a continuación, se muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Grafico 5).

Grafica 5 Dinámica del potencial de hidrogeno (pH) por efecto de la gallinaza en chile habanero.



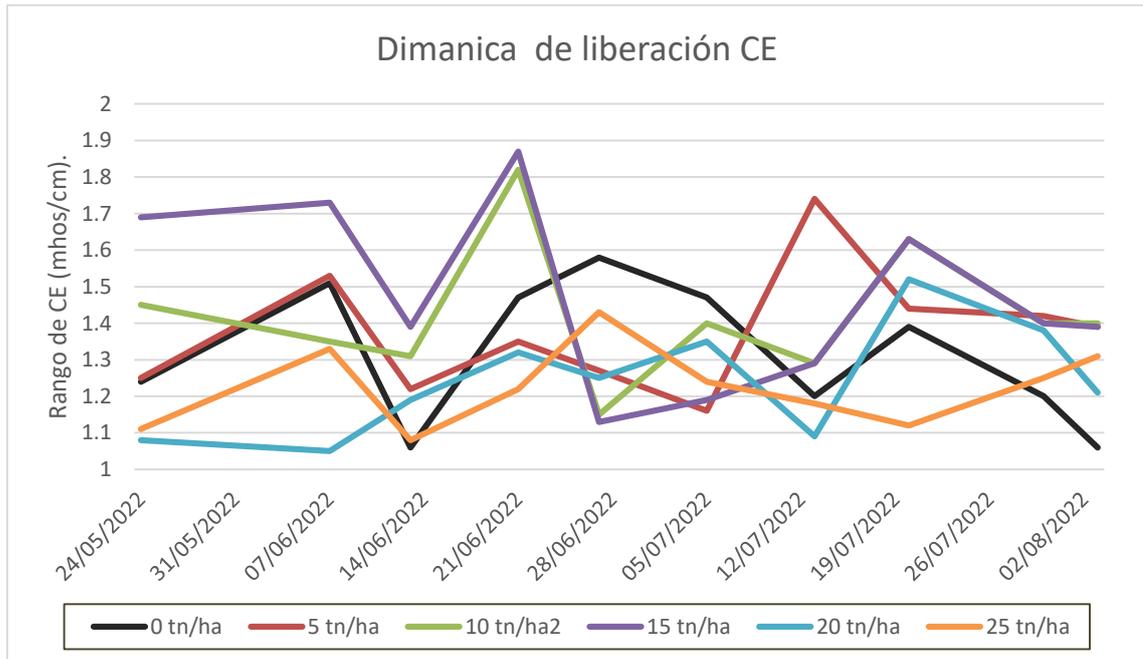
Las variables muestran que no hubo alguna variación entre los tratamientos, si bien tenemos resultados positivos de los tratamientos de 10 t h^{-1} y 15 t h^{-1} con el valor de muestre con un nivel de 7.2, siendo el valor más bajo durante todo el muestreo. Coincidiendo con (Guadarrama, 2011) demostrando que la aplicación de gallinaza no afecta al pH a suelo a su vez menciona que con el paso del tiempo se puede modificar el pH teniendo un primer año con un pequeño aumento en la alcalinidad, para después en los próximos años tener un suelo que va reduciéndose a ácido.

Así mismo (Orrego Pablo et al., 2023) reportó un efecto positivo en concentraciones de 8 toneladas y 10 toneladas por hectárea en la producción de papa que generó un pH del suelo ligeramente alcalino debido a que el pH de la gallinaza a granel es muy alcalino.

Conductividad Eléctrica: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados a continuación se muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Grafica 6).

Grafica 6 Dinámica de conductividad eléctrica (CE) por efecto de la gallinaza en chile habanero.

Se puede observar los niveles más altos fueron presentados por el tratamiento



15 t h⁻¹ a si mismo este presentó el valor más elevado, para esto (Dikinya & Mufwanzala, 2010) llegó a la conclusión de a que mayor concentración de gallinaza los suelos sufren un proceso de salinización afectando a la producción del cultivo. Por su parte (Cabaleiro et al., 2018) comenta que al tener un cultivo de larga duración, manteniéndolo con buen riego teniéndolo a capacidad de campo junto con lo absorbido por parte del cultivo en este caso de pimiento sin ningún aporte de fertilizante solo utilizando gallinaza permite aprovechar los nutrientes sin tener una acumulación de sales, cabe mencionar que al solo utilizar fertilización de fondo no se tuvo nutrientes por fertirriego por ello se pudo asimilar de forma óptima sin tener exceso de sales, lo anterior es contrario a lo realizado en el experimento, ya que se tuvo una nutrición al 50% dando como resultado un crecimiento constante de CE en la solución del suelo por efecto de los tratamientos de gallinaza dando medias por encima de 1 dS m⁻¹.

4.3 Variables de rendimiento y calidad comercial

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA $P \leq 0.05$) indica que no hubo diferencia significativa entre tratamientos, teniendo solo diferencia significativa en los bloques en la variable de NF, siendo los valores medianamente bajos, lo que demuestra que se obtuvo un error mínimo en los datos analizados (Tabla 10).

Tabla 8 Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de numero de frutos, peso total y peso total del fruto en chile habanero por efecto de la gallinaza.

F.V.	G.L	NF	PT	PF
Tratamiento	5	24600.01 ns	1210804.2 ns	11.21 ns
Bloque	2	111475.69*	2584287.74 ns	10.01 ns
Error	10	26871.28	1236985.71	12.16
C.V.		31.49	34.47	18

F.V: Fuentes de variación; G.L: Grados de libertad; NF: Numero de frutos; PT: Peso total de frutos; PF: Peso del fruto; C.V.: Coeficiente de variación; NS: Sin diferencia significativa; *: Diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

La prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) corroboró lo antes expuesto por el análisis de variancia, ya que solo se presentó diferencia en los bloques de NF (Tabla 11). Los resultados de cada variable se detallan y discuten enseguida.

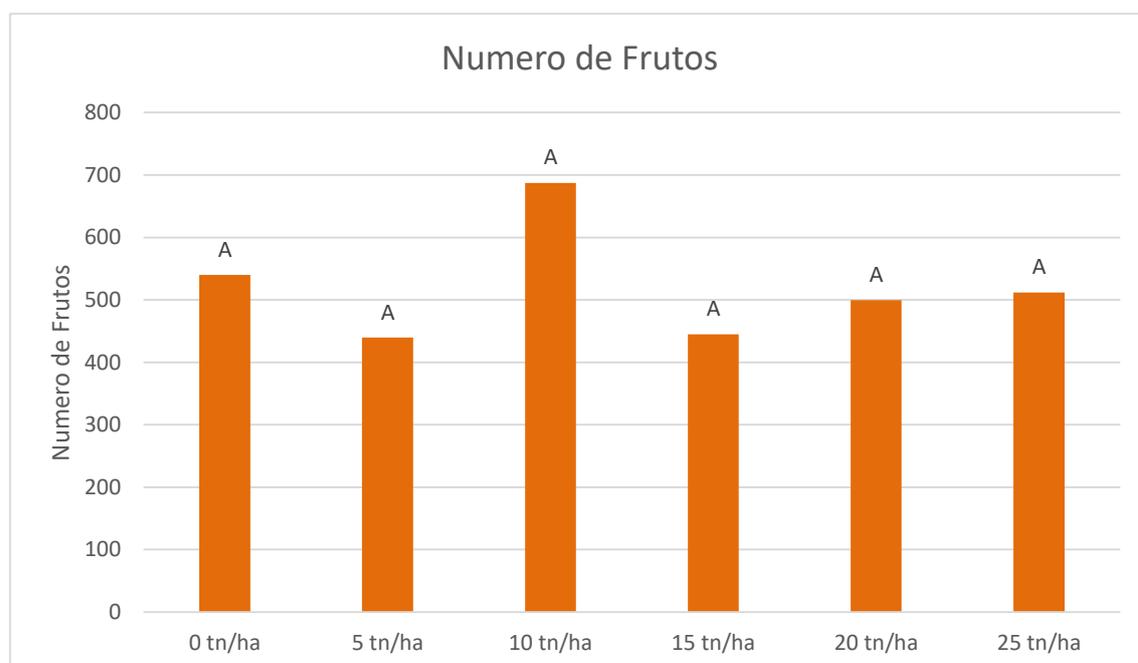
Tabla 9 Medidas estadísticas (LSD Fisher $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto de la gallinaza en chile habanero.

Tratamiento	NF	PT (gr)	PF (gr)
0 tn/ha	540.00 A	3777.62 A	20.73 A
5 tn/ha	439.45 A	2900.26 A	20.30 A
10 tn/ha	687.33 A	4208.01 A	19.54 A
15 tn/ha	445.00 A	2699.88 A	20.49 A
20 tn/ha	499.56 A	2626.08 A	15.55 A
25 tn/ha	511.67 A	3144.98 A	19.62 A

NF: Numero de frutos; PT: Peso total de frutos; PF: Peso del fruto; C.V.: Coeficiente de variación; Medidas con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$).

Numero de Frutos: Los resultados del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los seis tratamientos respecto a la variable NF a continuación se muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Figura 15).

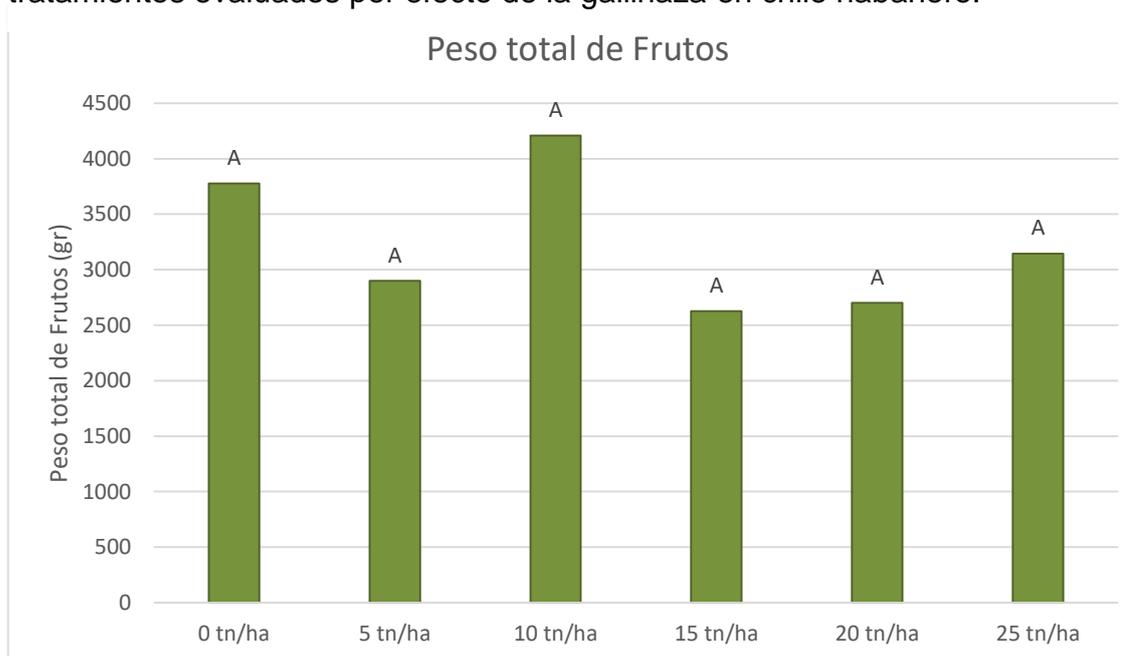
Figura 8 Comportamiento dinámico de la variable Número de Frutos en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.



Si bien no se tuvo alguna diferencia significativa ($P \leq 0.05$) el tratamiento de 10 t h^{-1} obtuvo los valores más altos con 687 frutos por planta, superando así al testigo, el cual tuvo una media de 540 frutos. Algunos trabajos muestran una diferencia significativa en las aplicaciones de alternativas de abonos orgánicos con respecto al NF en el cultivo de berenjena con dos frutos por corte (Reyes-Pérez et al., 2018).

Así podemos encontrar que el tratamiento 10 t h^{-1} fue el mejor para esta variable debido a que como ya se ha mencionado anteriormente, un exceso de este abono orgánico puede causar una toxicidad o problemas en el suelo para el óptimo desarrollo de la planta. De acuerdo a los estudios de (Luna et al., 2015), se deduce que el beneficio de este tipo de abonos pudiera ser la activación de procesos fisiológicos y bioquímicos como lo son las citoquininas las cuales provocan la estimulación en floración y fructificación de las plantas, teniendo un efecto positivo en los rendimientos de estos.

Figura 9 Comportamiento de la variable Peso total de Frutos (PT) en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.



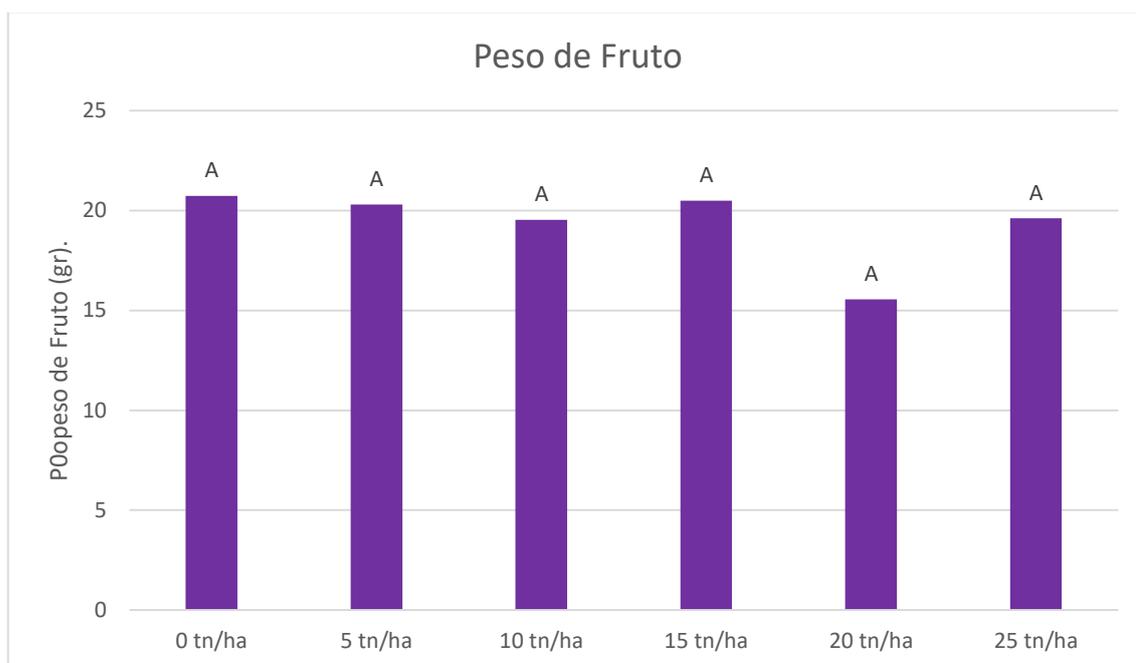
Peso Total de Frutos: El análisis estadístico ANOVA no detectó la existencia de alguna diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los seis tratamientos evaluados para PT a continuación se muestra el comportamiento de la variable influenciada por las dosis de gallinaza evaluadas (Figura 16).

El tratamiento de 10 t h^{-1} tuvo una media de 4208.01 g, siendo el valor más alto superando al testigo que obtuvo una media de 3777.62, por su parte los valores más bajos se presentaron en los tratamientos de 15 t h^{-1} y 20 t h^{-1} con valores de 2669.88 g y 2626.08 g respectivamente, por lo cual se aprecia que no tuvieron relevancia en esta variable al igual que los tratamientos 5 t h^{-1} y 25 t h^{-1} , teniendo valores un poco más alto de 2900 g y 3144.98 g respectivamente. Esto concuerda con (Aguñaga et al., 2020) quien utilizó estiércol ovino con una fertilización al 50% y no encontró diferencia entre tratamientos para el rendimiento de frutos. Por su parte (Tlelo-Cuautle et al., 2020) reportó un mejor rendimiento en chile poblano con una combinación de 15 toneladas por hectárea más una fórmula nutricional de 80-40-80, dando diferencias significativas en el peso total de los frutos.

Si bien la utilización de abonos orgánicos de manera continua afectan positivamente el contenido de materia orgánica a media y largo plazo teniendo como efecto positivo la disponibilidad de nutrientes (Trinidad-Santos & Velasco-Velasco, 2016). A su vez menciona (Herrán et al., 2008) que el estiércol aplicado al suelo es biodegradable el primer año en un 50 por ciento lo cual es una garantía de contenido de materia orgánica.

Peso de Fruto: El análisis estadístico ANOVA no detectó la existencia de alguna diferencia significativa en los seis tratamientos evaluados para Peso del fruto, a continuación, se muestra las medias estadísticas para la variable de peso de fruto influenciados por las dosis de gallinaza evaluadas (Figura 17).

Figura 10 Comportamiento de la variable Peso de Fruto (PF) en los tratamientos evaluados por efecto de la gallinaza en chile habanero.



Para esta variable se observa que ningún tratamiento superó al testigo siendo todos los tratamientos similares concordando con el análisis de variancia (ANOVA). Lo anterior difiere con (Mendoza Mariano et al., 2020) quienes encontraron diferencia significativa en el peso de fruto con una fertilización 50% química y 50% orgánica. A su vez (Campos Mariscal et al., 2020) menciona la aplicación de abonos orgánicos de humos de lombriz a dosis de 100, 150 y 200 kg por árbol en aguacate hay diferencia significativa entre tratamientos.

V. CONCLUSIONES

La evaluación de diferentes dosis de gallinaza en chile habanero muestra, con el uso de una prueba estadística de bajo rigor, una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en las variables de altura, diámetro y conductancia estomática medida a las 4 pm destacando a los tratamientos de 15 y 20 t h⁻¹ con las medias más altas en las variables para las variables antes mencionadas, por su parte las variables de conductancia estomática de 8 am y 12 pm y clorofila no tuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Para las variables de liberación de iones, pH y conductividad eléctrica no se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Por su parte las variables de número de frutos, peso total de frutos y peso de frutos no se vieron afectadas significativamente por los tratamientos.

Si bien los tratamientos solo tuvieron diferencia significativa en dos variables, las dosis que mayores medias obtuvieron fueron las de 10, 15 y 20 t h⁻¹, determinado que dosis menores a las 10 t h⁻¹ no tienen ningún efecto en las plantas y muy poco en el suelo, a su vez dosis mayores a las 20 toneladas muestran efectos negativos de toxicidad a plantas, saturación de sales al suelo, así como exceso de retención de humedad ya que se observó en el cultivo plantas más pequeñas menores frutos y camas suelo muy húmedos.

Por su parte los tratamientos de 10, 15 y 20 t h⁻¹ fueron los que mejor liberación de iones tuvieron el tratamiento de 25 t h⁻¹ mostró un exceso en los suelos, por su parte el ion de calcio demostró que solo con la solución nutritiva tiene los mejores valores sin tener exceso para suelos calcáreos, en los parámetros de pH y CE no se mostró una disminución de estas variables.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ACEA. (2022). Nutrición Vegetal y Soluciones Nutritivas II. Acea.Com,Mx. <https://acea.com.mx/>
- Agbede, T.M., Ojeniyi, S. O. and A. A. (2008). ORIGINAL ARTICLE Effect of Some Mulch Materials on Soil Physical Properties , Growth and Yield of. *Americna Eurasian Network for Scientific Information*, 4(3), 368–375.
- Aguñaga, A. B., Medina-Dzul, K., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., & Ruíz-Sánchez, E. (2020). Efecto de Abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate ver (*Physalis ixocarpa*). *Acta Universitaria*, 30, 1–14.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2003). *Fundamentos de fisiología vegetal*. In McGrawHill (2nd ed.).
- Barahona Luis A; Villareal José E. (2017). Efecto de la Gallinaza en las Propiedades Físicas y Químicas del Suelo. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá*, June, 2–3. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25859.50723>
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor & Francis.
- Barreto Torrella, S. I. (2019). El enfoque de producciones más limpias en la práctica laboral del Ingeniero Químico. *Transformación*, 15(2), 124–138.
- Bhatla Satish C., L. M. A. (2018). *Plant Physiology, Developemt and Merabolism (Biotic Str)*.
- Borges-Gómez Lizett., Chuc-Puc Josué., Escamilla-Bencomo Armando., M.-L. F. (2006). Cinética de la Absorción de potasio por las raíces de chile habanero.
- Cabaleiro, F. A., Sainz, M. J., Seoane-Labandeira, S., & López-Mosquera, M. E. (2018). Efectos en suelo y fruto de la fertilización de pimiento con estiércol de pollo peletizado. *Recursos Rurais*, 13, 47–53. <https://doi.org/10.15304/rr.id5058>
- Campos Mariscal, J. L., Álvarez Sánchez, M. E., Maldonado Torres, R., & Vargas Gustavo, A. (2020). Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 263–274. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2301>
- Canales-Almendares, J. E., Borrego-Escalante, F., Narvaez-Ortíz, W. A., González-Morales, S., & Benavides-Mendoza, A. (2021). Impacto de diferentes fertilizantes en la solución del suelo y el crecimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 26, 105–117. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2941>
- Cantarero, R., & Martínez, O. (2002). Evaluacion De Tres Tipos De Fertilizantes (Gallinaza, Estiércol vacuno, y un Fertilizante Mineral)en el cultivo de Maiz (*Zea mays L.*). *Variedad NB-6. Bioresource Technology*, 153(2), 62.

- Carbonero, P. (1995). Química Del Suelo Y Los Fertilizantes. In Tisdale (Vol. 3).
- Casanova Omar. (1988). Potasio: Consideraciones sobre su situación en el Uruguay. Cátedra de Fertilidad de Suelos.
- Casierra Posada Fanor, V. P. N. J. (2015). Dinámica de las relaciones nutricionales : In Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Illium cep L. "YELLOW GRANEX"*) en condiciones tropicales (1st ed., pp. 111–139). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Castello. (2000). La gallinaza. Selecciones Avícolas, 5–35.
- Castorena, M. V., Alonso, E., Valencia, C., Inzunza, M. A., López, A. R., Rodríguez, H. M., & Rodarte, D. C. (2014). Producción hidropónica de chile habanero en invernadero.
- Choudhury, A., Felton, G., Moyle, J., & Lansing, S. (2020). Fluidized bed combustion of poultry litter at farm-scale: Environmental impacts using a life cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124231>
- Conti, M. E. (1987). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. 1017, 1–14.
- Dell, J. M., Rodríguez, A., & Guevara, M. M. (2017). ESTOMÁTICA DE DOS VARIETADES DE TOMATE Y RIEGO LIMITADO Stomatal conductance behavior of two Cuban tomato varieties in field conditions and limited irrigation. 38(2), 137–144.
- Díaz-Vázquez, F. A., & Sandoval-Rangel, A. (2023). Influencia del acolchado y gallinaza en producción de tomate silvestre (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (Dunal)). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3605>
- Díaz Franco, A., Alvarado Carrillo, M., Alejandro Allende, F., & Ortiz Cháirez, F. E. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 445–453. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>
- Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 1(3), 46–54.
- Eliseo., M.-C. (2005). Efecto de composta elaborada a base de gallinaza sobre la producción de tomate en invernadero. Universidad Autónoma Agraria Anotnio Narro.
- Fabela-Morón, M. F., Cuevas-Bernardino, J. C., Ayora-Talavera, T., & Pacheco, N. (2020). Trends in Capsaicinoids Extraction from Habanero Chili Pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.): Recent Advanced Techniques. *Food Reviews International*, 36(2), 105–134. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630635>
- FAO. (1993). Los Fertilizantes y su uso. In Asociación Internacional de la

- FAO. (2022). Resumen de Mercado de Chile Habanero.
- Firco. (2017). Chile habanero importancia.pdf.
- FIRCO. (2017). Chile Habanero , con Denominación.
- García-Serrano Pilar, Jiménez Juan J., Marotta Lucena., Ruano-Criado Sebastián, N.-G. M. (2005). Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España (Espinosa-Mangana Elena. (ed.); 1st ed.). Ministra de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- García Casas Katia Donahi. (2018). Determinación del Contenido de Capsaicina y Consumo de Agua de Chile Habanero *Capsicum Chinense* en Tres Sistemas de Producción. *Ciidir*, 11(2), 3–74.
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. *Sector Agro Alimentario*, 11(1), 1–107.
- GRIN. (2011). Taxonomía del Chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.).
- Guadarrama, R. O. (2011). Efecto de la “gallinaza” en las propiedades físicas y químicas de dos unidades edáficas. 8(2), 138–170.
- Hasagawa Paul M. (2005). Plant response to high temperatures. In *Forage Plant Physiology and Soil-Range Relationships*.
<https://doi.org/10.2134/asaspecpub6.c2>
- Hernández Díaz, M. I., Chailloux Laffita, M., Moreno Placeres, V., Igarza Sánchez, A., & Ojeda Veloz, A. (2014). Niveles referenciales de nutrientes en la solución del suelo para el diagnóstico nutricional en el cultivo protegido del tomate. *Idesia*, 32(2), 79–88. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200011>
- Herrán, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, R., & Olalde, V. (2008). Importancia De Los Abonos Orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57–67.
- ICA. (1992). Fertilización de Diferentes Cultivos. Instituto Colombiano Agropecuario.
- INIVIT;, & ACTAF; (2007). Instructivo técnico del cultivo de la malanga en cuba.
- INTA. (2018). Manual De Avicultura 2º Año Ciclo Básico Agrario. Sitio Argentino de Producción Animal, 1–105.
- Jaramillo, C. X. (2016). Mineralización de la gallinaza y de los restos de cosecha en el suelo. Aplicación al cultivo de la coliflor en la Huerta de Valencia. Universidad Politecnica de Valencia, 322.
- Jeeatid, N., Suriharn, B., Techawongstien, S., Chanthai, S., Bosland, P. W., & Techawongstien, S. (2018). Evaluation of the effect of genotype-by-environment interaction on capsaicinoid production in hot pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacq.) under controlled environment. *Scientia*

- Kapoor, H. E. R., & Giri, B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. *Annals of Botany*, 104(7), 1263–1280. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp251>
- Kim, M. Y., Lee, J. W., Park, D. J., Lee, J. Y., Myung, N. V., Kwon, S. H., & Lee, K. H. (2021). Highly stable potentiometric sensor with reduced graphene oxide aerogel as a solid contact for detection of nitrate and calcium ions. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 897(July), 115553. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115553>
- Latournerie-Moreno, L., Lopez-Vázquez, J. S., Castañón-Nájera, G., Mijangos-Cortes, J. O., Espadas-Villamil, G., Pérez-Gutiérrez, A., & Ruiz-Sánchez, E. (2015). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE CHILE HABANERO (*Capsicum Chinense* Jacq.). AGRONOMIC EVALUATION OF HABANERO PEPPER (*Capsicum Chinense* Jacq.) GERMPLASM., 8(1), 24–29.
- Lince Salazar, L. A., Rodríguez Valencia, N., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2015). Disponibilidad de Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ en función de las propiedades del suelo, zona cafetera central de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 29. <https://doi.org/10.22490/21456453.1261>
- Llanderal, A., García-Caparrós, P., Contreras, J. I., Segura, M. L., & Teresa Lao, M. (2019). Spatio-temporal variations in nutrient concentration in soil solution under greenhouse tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 42(8), 842–852. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1584219>
- Long, J., Attolini, A., & General, S. H. (2011). Janet Long Towell c *apsicum* ” Caminos y mercados de México. 79–106.
- López, R., Murillo, B., Benson, M., López, E., & Valle, G. (2002). Manual de Análisis Químicos de Suelos. In Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (pp. 1–115).
- Luna, R., Reyes, J., López, R., Reyes, M., Murillo, G., Samaniego, C., Espinoza, A., Ulloa, C., & Travéz, R. (2015). Abonos Orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42(4), 67–74.
- Malvi, & U.R. (2011). Interaction of micronutrients with nutrients with special reference to potassium. *Karnata Journal of Agricultura Sciences* 24., 100–115.
- María Estrada Pareja, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Lasallista de Investigación*, 2(1).
- Marschner, P. (1986). Marschner’s mineral nutrition of higher plants. In *Mineral nutrition of higher plants* (1st ed.). El Sevier.
- Marschner, P. (2012). Marschner’s mineral nutrition of higher plants (3rd Editio). Academic Press-ELSEVIER.

- Martínez Cuesta, M. A. (2018). Evaluación de la Sustentabilidad del Sistema de Riego por Exudación en el Cultivo de Chile Habanero en Petén, Guatemala. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Melgar Ricardo J., Magen Hillel, L. R. S. (2001). El Potasio en Sistemas Agrícolas Argentinos (1st ed.). EE INTA PERGAMINO.
- Mendoza-Elos Mariano., Zamudio-Alvarez Luis F., Cervantes-Moreno Francisco., Chable Moreno Francisco., Frías-Pizano Jesús., G.-V. A. J. (2020). Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica Resumen Introducción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1749–1761.
- Meneses-Lazo, R. E., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Andrade-Torres, J. L., & Pérez-Gutiérrez, A. (2018). Phenological and physiological characterization of experimental habanero pepper varieties with high agronomic potential. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(1), 67–74. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.67-74>
- Meneses-Lazo, R. E., & Garruña, R. (2020). El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) como modelo de estudio en Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(21).
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2000). Principios de Nutrición Vegetal (4ta ed.). Instituto Internacional de la Potasa.
- Narváez-Ortiz, W. A., Morales-Díaz, A. B., Benavides-Mendoza, A., & Reyes-Valdés, M. H. (2018). Dinámica de la composición de la solución del suelo en cultivos del occidente de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 2383–2397. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i12.769>
- Navarro García, G., & Navarro García, S. (2013). Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (3era Edici). Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro García Gines, & Navarro García Simón. (2013). Química del Suelo y de los Nutriemtes Esenciales para las Plantas (3rd ed.).
- Oney-Montalvo J., López-Domínguez C., Zamacona-Ruiz M., Gómez-Rincón E., Ramírez-Sucre, M. and R.-B. I. (2018). Metabolitos presentes en. *Bionatura*, 1(1), s/p.
- Oney-Montalvo, J., Uc-Varguez, A., Ramírez-Rivera, E., Ramírez-Sucre, M., & Rodríguez-Buenfil, I. (2020). Influence of soil composition on the profile and content of polyphenols in habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agronomy*, 10(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091234>
- Ontiveros-Capurata, R. E., Juárez-López, P., Mendoza-Tafolla, R. O., Alia-Tejagal, I., Villegas-Torres, O. G., Guillén-Sánchez, D., & Cartmill, A. D. (2022). Relación entre concentraciones de clorofila y nitrógeno, y producción de materia fresca en albahaca “Nufar” (*Ocimum basilicum*), con lecturas de tres medidores manuales de clorofila: SPAD, al. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 28(3), 189–202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.09.018>

- Orozco, M., & Thienhaus, S. (1997). Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 81–92. <https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24735>
- Orrego Pablo, M. I., Fuentes Fuentes, H. E., Chinchilla García, C. F., Castro Inay, G., & Mejicano Lazo, J. E. (2023). Evaluación de gallinaza a granel en dos diferentes texturas de suelo sobre el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.). In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (Vol. 7, Issue 2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5797
- Osorio, N. (2012). PH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Mariners Mirror*, 4(1), 1–4.
- Owamah, H. I., Alfa, M. I., & Onokwai, A. O. (2020). Preliminary evaluation of the effect of chicken feather with no major pre-treatment on biogas production from horse dung. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 14(May), 100347. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100347>
- Pacheco-Avila, J., Pat-Canul, R., & Cabrera-Sansores, A. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6(3), 73–81.
- Paguay-Morejón Lucía, V.-C. E. A. (2013). Aislamiento de Bacterias Solubilizadoras de Calcio de la Rizósfera de Cultivos de Alcachofa (*Cynara Scolymnus*) Ubicados en Laso-Latacunga-Cotopaxi.
- Pastor, J., Alicia, M., & Duilio, T. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28(1), 29–38.
- Pathirana, R. (2013). Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. In P. W. Bosland & E. J. Votava (Eds.), *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* (2nd ed., Vol. 41, Issue 2). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/01140671.2012.745161>
- Peláez Carlos. (1999). Materia Prima en Proceso de Descomposición. *Avicultores de Colombia*, 53, 18–32.
- Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., Padilla, F. M., Rodríguez, A., & Thompson, R. B. (2021). Use of a portable rapid analysis system to measure nitrate concentration of nutrient and soil solution, and plant sap in greenhouse vegetable production. *Agronomy*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy11050819>
- Pérez, A., Pineda, A., Latournerie, L., Pam, W., & Godoy, C. (2008). Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. *Terra Latinoamericana*, 48(13), 53–59.
- Pino V., E., Montalván D., I., Vera M., A., & Ramos F, L. (2019). La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.), en periodo de maduración de frutos, en zonas áridas. *La Yarada, Tacna, Perú. Idesia (Arica)*, 37(4), 55–64.

<https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000400055>

- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Zambrano-Burgos, D., Vázquez- Morán, V. F., Rodríguez-Pedroso, A. T., Ramírez-Arrebató, M. Á., Guzmán-Acurio, J. A., González- Rodríguez, J. C., & Torres-Rodríguez, J. A. (2018). EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO AGRÍCOLA DE LA BERENJENA (*Solanum melongena* L.). *Biotecnia*, 20(1), 8–12. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i1.523>
- Rhoades, J., Kandiah, A., & Mashali, A. (1992). The use of saline waters for crop production. In *FAO Irrigation and Drainage Paper* (Vol. 48).
- Rodríguez Buenfi, I. I. M., Ramírez Sucre, M. O., & Ramírez Rivera, E. de J. (2020). *Metabolómica y Cultivo de chile habanero (Capsicum chinense Jacq) de la península de Yucatan*. (Ingrid Mayanin Rodríguez Buenfil, Manuel Octavio Ramírez Sucre, & Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera (eds.); Primera ed). CIATEJ.
- Rodríguez M., M. de las N., Alcántar G., G., Aguilar S., A., Etchevers B., J. D., & Santizó R., J. A. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 135–141.
- Rodríguez S. Mariela. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. *Nociones Básicas Del Ferti-Riego*, 3, 25–36.
- Ruiz Lau, N., Medina Lara, F., & Martínez Estévez, M. (2011). El Chile Habanero su Origen y Usos. *Ciencia*, 70–77.
- Salisbury, F. y C. R. (1994). *Fisiología Vegetal* (cuarta). Grupo Editorial Iberoamericana S.A.
- Santoyo Juarez Juan A., M. A. C. O. (2010). *Tecnología de producción de chile habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa*. Fundacion Produce Sinaloa A.C., 7–23.
- SIAP. (2021a). *Mercado Nacional y Exportación de Chile Habanero*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP. (2021b). *Producción Nacional de Chile Habanero*.
- Simón, M., Peralta, N., & Costa, J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia Del Suelo*, 31(1), 45–55.
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Squieres V.R., & et al. (1994). Szabolcs, I. Salt affected soils as the ecosystem for halophytes. (H. as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded Lands (ed.)). Academic Publishers, Netherlands.

- Strawn, D. G., Bohn, H. L., & O'Connor, G. A. (2020). *Soil Chemistry* (5th ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal volumen II* (3a ed.). Universidad Jaume I. Publicacions.
- Tlelo-Cuautle, A. M., Taboada-Gaytán, O. R., Cruz-Hernández, J., & López, H. L. S. y. P. A. (2020). Efecto de la Fertilización orgánica en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 283–290.
- Torres, D., Mendoza, B., Meru, L., Gómez, C., Lisandro, U., & Lara, A. D. A. (2016). Riesgos de la salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 16(2), 133–142.
- Torreso Dulilio., Rodríguez Nectalí., Yendis Héctor., Florentino Adrina., Z. F. (2006). Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el cebollal, estado falcón, Venezuela. *Bioagro*, 2(18), 123–128.
- Tridge. (2023). Exportación de Habanero. <https://www.tridge.com/intelligences/habanero/export>
- Trinidad-Santos, A., & Velasco-Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52–58.
- Tun Dzul J de la C. (2001). Características y tecnología de la producción del chile habanero. *Inifap-Sagarpa*, 5–71.
- Williams, C. M. (2011). Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. Características de la gallinaza de las aves de corral. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura, 2.