

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento de un ácido fúlvico mezclado con zinc en la producción de pepino (*Cucumis sativus L.*)

Por

Yazmin Andrea Agüero López

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

ING. AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón Coahuila, México

Febrero 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comportamiento de un ácido fúlvico mezclado con zinc en la producción de pepino
(Cucumis sativus L.).

Por:

YAZMIN ANDREA AGÜERO LOPEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:



Dr. Rubén López Salazar.

Presidente




M.C. Francisca Sánchez Bernal

Vocal



M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta

Vocal



M.C. Victor Martínez Cuello

Vocal Suplente



Dr. Isaias de la Cruz Álvarez.

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas
Torreón, Coahuila, México.

Febrero de 2022

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comportamiento de un ácido fúlvico mezclado con zinc en la producción de pepino
(Cucumis sativus L.).

Por:

YAZMIN ANDREA AGÜERO LOPEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


Dr. Rubén López Salazar.
Presidente


M.C. Francisca Sánchez Bernal
Vocal


M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


M.C. Víctor Martínez Cuelo
Vocal Suplente


Dr. Isaias de la Cruz Alvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas
Torreón, Coahuila, México.

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Febrero de 2022

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por haberme permitido terminar una etapa más de mi vida como estudiante por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Yasmin y Maximino por apoyarme en todo momento para verme triunfar, por los valores que me han inculcado, el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de esta tesis.

Gracias, **A mi profesor asesor de tesis** el Dr. Rubén López Salazar por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos.

Gracias **a mis profesores** de la carrera, por enseñarme todo lo que sé y más que eso, guiarme para ser una mejor persona y profesional.

A mis amigas Karen Giselle, Adela y Melissa por ser parte significativa de mi vida, y por haber hecho el papel fundamental de una familia verdadera en todo momento, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo amistad.

DEDICATORIA

A mi madre Yasmin López Santana, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Maximino Martín Agüero Martínez, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. A quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A ellos dos que me han conducido por la vida, hoy ven forjado un anhelo, una ilusión, un deseo. Gracias por ayudarme a salir adelante en la adversidad, por hacer de mi lo que hoy soy: Gente de provecho.

No los defraudare los haré sentir orgullosos y verán que todos sus sacrificios y tragos amargos hoy son suave miel.

Para ustedes, queridos padres:

Que Dios los bendiga y guarde siempre.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación consistió en evaluar el efecto de aplicaciones en fertirriegos de ácido fúlvico mezclado con zinc en la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.) mediante la biofortificación. El experimento se llevó a cabo en instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna (U A A A N -UL) ubicada en periférico y carretera a Santa Fe s/n Torreón Coahuila; se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se aplicó un compuesto orgánico-mineral a base de zinc con un blanco o testigo (T1) y cuatro diferentes niveles de aplicación, T2 (A.F 2%), T3 (A.F 4%) T4 (A. F 6%) y T5 (A.F 8%) con 10 unidades experimentales por tratamiento, el riego con fertilización se realizó aplicando un litro por la mañana y un litro por la tarde a cada planta como correspondía a cada tratamiento; se tomaron 10 hojas por tratamiento de aproximadamente el mismo tamaño, con ayuda de una navaja o tijeras de poda previamente desinfectadas; las hojas fueron analizadas por el método de absorción atómica vía húmeda; una vez obtenidos los datos de los análisis, fue utilizado el método de Desviación Optimo Porcentual (DOP), para determinar la posición de los elementos en la hoja, acomodándolos de mayor a menor concentración, lo que dió como resultado que los macronutrientes como el fosforo (P) se encontraron en cantidades deficientes y los micronutrientes en cantidades mayores a las óptimas consideradas; en cuanto al zinc, en la aplicación a un seis y ocho por ciento (T4) y (T5), en la etapa de maduración de fruto y cosecha, fue asimilado y asimismo mantuvo sus valores dentro de un estándar similar.

Palabras clave: Cucumis Sativus, biofortificación, ácido fúlvico, nutrición orgánico mineral, DOP.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO	3
1.3 HIPOTESIS	3
II. REVISION LITERARIA	4
2.1 Origen	4
2.2 Producción Mundial de Pepino	4
2.3 Producción nacional de pepino	4
2.4 Cosecha	5
2.5 Comercialización	5
2.6 Usos	6
2.7 Descripción botánica	6
2.8 Clasificación taxonómica	7
2.9 Distribución geográfica	7
2.10 Hábitat	7
2.11 Aspectos del cultivo	8
2.11.1 Suelos	8
2.11.2 Enfermedades	8
2.11.3 Nutrición mineral	9
2.12 Nutrición orgánica	9
2.13 Ácido fúlvico	10
2.14 Oxido de Zinc	10
2.15 Biofortificacion	11
III. MATERIALES Y METODOS	12
3.1 Localización del experimento	12

3.2 Características del invernadero	12
3.3 Siembra en charolas	12
3.4 Llenado de macetas	12
3.5 Trasplante	13
3.6 Diseño experimental	13
3.7 Manejo del cultivo	13
3.7.1 Entutorado	13
3.7.2 Poda	13
3.7.3 Control de plagas y enfermedades	13
3.7.5 Fertirriego	14
3.7.6 Cosecha	14
3.8 Metodología	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	15
V. CONCLUSIONES	26
VI. Bibliografías	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Datos del análisis de fruto cucumis sativus.....	15
Cuadro 2.- Orden de limitación de elementos por el método de Desviación Optimo Porcentual de cucumis sativus.....	15
Cuadro 3.- Cantidad de nitrógeno (N) en fruto.	16
Cuadro 4.- Cantidad de fosforo (P) en fruto.....	17
Cuadro 5.- Cantidad de potasio (K) en fruto.	18
Cuadro 6.- Cantidad de azufre (S) en fruto.	18
Cuadro 7.- Cantidad de calcio (Ca) en fruto.....	19
Cuadro 8.- Cantidad de magnesio (Mg) en fruto.....	20
Cuadro 9.- Cantidad de cobre (Cu) en fruto.	20
Cuadro 10.- Cantidad de zinc (Zn) en fruto.....	21
Cuadro 11.- Cantidad de manganeso (Mn) en fruto.....	22
Cuadro 12.- Cantidad de hierro (Fe) en fruto.....	22
Cuadro 13.- Cantidad de boro (B) en fruto.....	23
Cuadro 14.- Cantidad de molibdeno (Mo) en fruto.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Datos del análisis de Fruto de nitrógeno (N).	16
Figura 2.- Datos del análisis del fruto de fósforo (P).	17
Figura 3.- Datos del análisis del fruto de potasio (K).....	17
Figura 4.- Datos del análisis del fruto de azufre (S).....	18
Figura 5.- Datos del análisis del fruto de Calcio (Ca)	19
Figura 6.- Datos del análisis del fruto de Magnesio (Mg)	19
Figura 7.- Datos del análisis del fruto de Cobre (C).....	20
Figura 8.- Datos del análisis del fruto de Zinc (Zn)	21
Figura 9.- Datos del análisis del fruto de Manganeso (Mn)	21
Figura 10.- Datos del análisis del fruto de Hierro (Fe)	22
Figura 11.- Datos del análisis del fruto de Boro (B)	23
Figura 12.- Datos del análisis foliar de Molibdeno (Mo).....	23
Figura 13. - Longitud y diámetro del fruto.....	24
Figura 14. - peso del fruto	24
Figura 15. - solidos solubles totales.....	25

I. INTRODUCCION

En México, el cultivo del pepino (*Cucumis sativus L.*) ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas exportadas (FAO, 2010). Uno de los aspectos de mayor importancia en la producción de hortalizas en invernadero es la nutrición que deben recibir durante el ciclo de cultivo (Widders y Lorenz, 1982), para obtener frutos de calidad, entendida ésta en términos de apariencia, textura, sabor, aroma, valor nutritivo, constituyentes químicos, propiedades funcionales y defectos (Gruda, 2005)

Las tres entidades federativas más sobresalientes en el uso de sus tierras para la producción de la hortaliza fueron Sinaloa, Michoacán y Sonora que aportaron el 22.4, 19.4 y 13.5% respectivamente y de manera conjunta 55.3% de la superficie cosechada a nivel nacional. Sin embargo, con relación al volumen de producción se encontró en orden de importancia que Sinaloa, Sonora y Michoacán son los más trascendentes con 33.5, 23.7 y 9.6% de la oferta nacional respectivamente.

Los cultivares de pepino se dividen, de acuerdo a la forma de consumo, en dos grupos: fresco y de encurtidos o conservación; este último grupo tiene la característica de que los frutos son cortos. Otra de las clasificaciones utiliza como criterio el origen, como es el caso de los tipos holandés y francés (también llamados europeos), y el tipo asiático. Otro criterio de clasificación es el tamaño del fruto: largo (tipo holandés), mediano (tipo americano o “slicer”, y francés), y pequeño (tipo Beit Alpha, mini, o pepinillo).

La demanda de pepino en los Estados Unidos de Norteamérica ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos años. La importación creció de 441 900 toneladas en 2006 a 594 102 toneladas en 2011; es decir, un incremento del 34,4% en solo cinco años (FAOSTAT, 2014). según datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) México es el principal exportador a Estados Unidos en diversas frutas y hortalizas, en donde el pepino tiene un 83% de participación en el mercado (ASERCA,2015).

Las sustancias húmicas (SH) se componen de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales,

por la actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico (Sánchez - Andréu, et al. 1994).

El Zinc (Zn) es el micronutriente esencial más importante requerido por las plantas. Desempeña un papel fundamental en diversos procesos metabólicos como en la producción de la clorofila, la síntesis de auxinas, la activación enzimática, y la integridad de la membrana. Asimismo, juega un papel importante en la producción de la biomasa, la funcionalización del polen, y en la germinación de las semillas debido a su participación como co-factor de diversas enzimas. Existen reportes que indican que el óxido de zinc (ZnO) incrementan el nivel de ácido indolacético (AIA) en las raíces y en los brotes apicales de las plantas, promoviendo de esta forma su velocidad de crecimiento.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Biofortificación de planta de pepino con una fuente de zinc

1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

Biofortificar el fruto de pepino con ácido fúlvico y zinc.

1.3 HIPOTESIS

El pepino se biofortifica con ácido fúlvico y zinc

II. REVISION LITERARIA

2.1 Origen

El pepino se considera originario de la India, siendo domesticado en Asia y de ahí introducido a Europa, para posteriormente ser llevado a América. Los tipos comunes de pepino son el americano, europeo, el del este medio, holandés y el pepino oriental (Wehner y Maynard, 2003).

2.2 Producción Mundial de Pepino

La producción mundial de pepino ha superado por primera vez los 65,000 millones de kilos en todo el mundo (65, 78 millones), según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes del Organismo de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) de 2012, China lideraba el ranking con una producción de 48,000 millones de kg (73.0%) del total. El segundo lugar Turquía con 1,742 millones de kg (2.68%), Irán en tercera posición con 1,600 millones de kg (2.46%) del total. Le sigue Rusia con 128,179 (1.97%). El quinto lugar Ucrania con 1,020'6 millones (1.57%), en sexto lugar Estados Unidos con 901.06 millones (1.38%), España con 713.20 millones (1.09%), México en octavo con 640.51 millones (0.98%), Egipto en la novena posición con 613.88 millones (0.94%) y en décimo Japón con 586.5 millones (0.91%) de la producción mundial de pepino. La producción de pepino en el mundo durante los últimos cinco años ha experimentado un crecimiento continuo, donde en 2008 fue de 58.522 millones de kg, en 2009 de 60.882 millones, en 2010 se produjeron 62.571 millones, en 2011 de 64.327 millones, y en 2012 de 65.134 millones de kg de pepino (hortoinfo.es, 2014).

2.3 Producción nacional de pepino

La importancia de la producción de esta planta en México se debe a la gran demanda que tiene en el mercado nacional y el internacional, lo que ocasiona que se produzcan 700 mil toneladas al año cultivadas en los estados de Sinaloa, Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz. El país ocupa el 11° lugar como productor a nivel mundial con 16 mil hectáreas destinadas para su producción; se encuentra entre los primeros exportadores, seguido de España y Holanda, donde Estados Unidos es el principal consumidor con el 83.0% del total de las importaciones, el 17.0% se exporta a Canadá (Hidroponia.mx, 2017).

El pepino se produce todo el año, pero en los meses de febrero, marzo y abril, se genera 44.0% del total nacional. La producción en promedio es mayor en el ciclo otoño-invierno con 68.0%, mientras que el 32.0% en primavera-verano (SAGARPA-SIAP, 2015). La producción de pepino se concentra principalmente en los estados de la región noroeste del país: Sinaloa, Baja California Norte, Sonora y Chihuahua quienes poseen una fuerte dinámica productiva que se caracteriza por la alta calidad del producto (SIACON, 2015). Entre los que destacan: Sonora con 38.0% y Michoacán 18.0% (SAGARPA-SIAP, 2015).

2.4 Cosecha

La cosecha es realizada manualmente con frecuencia variable. El fruto para cosechar debe estar en estado óptimo de desarrollo: de acuerdo con las exigencias del mercado, debe estar tierno y el mejor índice de ello es la semilla tierna. Puede almacenarse durante diez a catorce días a temperaturas entre 7 a 10° C, con una humedad relativa de 90 a 95% (SIAP, 2015).

Las variedades de pepinos se pueden clasificar en función de diversas características como su tamaño, forma y color de la piel.

— Pepino corto o pepinillo (tipo español): de pequeño tamaño, con una longitud máxima de 15 cm. Presentan piel verde con rayas de color amarillo o blanco y se utilizan para consumo en fresco o para la elaboración de encurtidos.

— Pepino medio largo (tipo francés): con una longitud de 20 a 25 cm. Dentro de este grupo se diferencian dos variedades: el pepino con espinas y el de piel lisa.

— Pepino largo (tipo holandés): alcanzan hasta 25 cm de longitud y su piel es lisa y más o menos surcada.

2.5 Comercialización

Los pepinos, después de ser cosechados, deben ser seleccionados de acuerdo con las normas de calidad. Al comenzar se clasifican por su grado de madurez; en seguida por su tamaño, preferentemente de 20 a 30 cm de largo, de superficie cilíndrica lisa y recta, color verde oscuro y uniforme (sin amarillos), se comercializan limpios. Debe ser firme al corte y el anillo interno deberá presentar mayor proporción de pulpa, color blanco y semillas de tamaño no mayor de 3 mm de largo, mostrando humedad en su interior. Al realizar el corte de forma manual, este debe emitir un ligero sonido de resistencia. En algunos casos, cuando el mercado

lo permite, los frutos son encerados con la finalidad de mejorar la apariencia y prolongar su vida útil, pues la cera, reduce la pérdida de agua por evaporación (INFOAGRO.com, S/F)

2.6 Usos

Otros usos que se le atribuyen son propiedades medicinales como diurético, tónico, y vermífugo; además de que es utilizado en la industria farmacéutica y de cosméticos (Plants for a future: Cucumis sativus; Boletín 69: Pepino)

2.7 Descripción botánica

El pepino pertenece a la familia Cucurbitaceae, su nombre científico es *Cucumis sativus* L. Es una planta herbácea, anual y rastrera cubierta de pelos erizados, de raíces fasciculadas y desarrollo bastante superficial, encontrándose la mayor concentración de raíces entre los 25 y 30 cm (Weaver y Bruner, 1927). La planta se caracteriza por presentar tallos trepadores o rastreros muy ramificados en la base, con cuatro ángulos marcados y zarcillos sencillos (no ramificados) (Maroto, 1995). Las hojas tienen forma palmeada, son largamente pecioladas, fuertemente cordadas en la base, con el ápice acuminado, en cuyo limbo se aprecian de 3 a 5 lóbulos angulados, triangulares y de borde dentado, y presentan también vellosidades blancas (Maroto, 1995).

Las flores son unisexuales, de localización axilar y color amarillento. Las flores femeninas son solitarias, produciéndose en las axilas de las hojas mientras que las masculinas nacen en grupo. Inicialmente se forman las flores masculinas y posteriormente las femeninas (Valdez, 1994). La polinización se hace generalmente a través de insectos, aunque es una planta que posee una cierta tendencia a la partenocarpia (no producción de semillas).

2.8 Clasificación taxonómica

REINO:	Plantae
DIVISIÓN:	Magnoliophyta
CLASE:	Magnoliopsida
ORDEN:	Violales
FAMILIA:	Cucurbitaceae
GÉNERO:	Cucumis L., 1753
ESPECIE:	sativus L., 1753

2.9 Distribución geográfica

En el mundo existen alrededor de 280 mil hectáreas dedicadas al cultivo de hortalizas y fruticultura de invernadero (o de ambiente controlado), México cuenta actualmente con 478 hectáreas.

El pepino es una hortaliza que se está distribuyendo ampliamente por todo el mundo. En Europa la producción en invernadero a sido una industria muy importante. Los ingleses y alemanes, para este tipo de producción, desarrollaron cultivares considerables y sin semillas. Estas variedades europeas están teniendo buena aceptación en el sur de Estados Unidos. Gordón (1992)

En el año 2002 esta hortaliza se distribuyó ampliamente en la república mexicana, debido a su amplia adaptabilidad que presenta, ocupando el cuarto lugar en cuanto a superficie sembrada.

2.10 Hábitat

Se encuentra en cultivares, agrosistemas y en huertos familiares, generalmente abarcando climas cálidos (Nee, 1993, p.29; Plants for a future: Cucumis sativus).

2.11 Aspectos del cultivo

Este cultivo es una planta guiadora que puede extender su follaje libremente sobre el suelo, como también puede trepar ayudada por sus zarcillos. Comúnmente se le cultivaba sobre el suelo en ambas épocas, por el desconocimiento de técnicas adecuadas de manejo en la mayoría de los casos y en otros por el costo adicional que significa una estructura para sostenerlo. Sin embargo, hoy en día se han visto las ventajas de un cultivo tutorado que compensan ese mayor costo y en algunas situaciones solo así se ha hecho viable su producción. La siembra sobre el suelo se recomienda solamente durante la época seca y se hace necesario utilizar un camellón firme y uniforme, sobre el cual se disponga la línea de siembra, así es posible una cama alta, para que el follaje no entre en contacto con el agua de riego o la excesiva humedad del suelo en la parte baja (espacio entre camellones o camas).

2.11.1 Suelos

El cultivo del pepino se puede cultivar en muchos tipos de suelos fértiles y bien drenados, desde los arenosos hasta los franco-arcillosos, aunque los suelos francos que poseen abundante materia orgánica son los ideales para su desarrollo. Se debe contar con una profundidad efectiva mayor a 60 cm que facilite la retención del agua y el crecimiento del sistema radicular, para lograr un buen desarrollo y excelentes rendimientos (García, 2008). En cuanto al pH, el cultivo se adapta a un rango de 6,5 – 7,8 (neutro), soportando incluso un pH hasta de 7,5 (se debe evitar los suelos ácidos con pH menores a 5,5) (Schnitman, 2007).

2.11.2 Enfermedades

Este cultivo es atacado por enfermedades fungosas y bacterianas las cuales aparecen cuando las condiciones ambientales son propicias para su desarrollo y generalmente cuando existen cambios de estados (de estado vegetativo a floración) en el cultivo. Las más comunes son:

- Mildeu lanoso
- Mildeu polvoso, ('oidium')
- *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (*Fusarium*)
- *Pythium* spp

- Phytophthora spp
- **Rhizoctonia** solani
- Cercospora citrullina (Cercospora)
- Colletotrichum orbiculare (antracnosis)
- ‘Xantomonas’

(Arias 2007)

2.11.3 Nutrición mineral

El balance de los nutrientes es tan importante como las relaciones que deben existir entre el N:K, el K:Ca y el Ca:Mg, con el propósito de evitar tener antagonismo y poder controlar el desarrollo de las plantas y su resistencia a los factores ambientales o enfermedades. Una nutrición bien balanceada permite tener el desarrollo adecuado de la planta para optimizar el rendimiento. Las aplicaciones foliares de nutrientes pueden ser necesarias, pero la verdadera nutrición de una planta se realiza a través del sistema radicular que es el órgano especializado en esta labor. En la fertilización debe haber un balance nutricional con todos los elementos necesarios para el buen desarrollo del pepino. Aún más importante que la fertilización es manejar correctamente el agua de riego, el cual es un factor crítico para obtener una óptima nutrición ya que toda la nutrición que logra el cultivo es a través del agua en el suelo. (Arias 2007)

2.12 Nutrición orgánica

El uso de fertilizantes orgánicos brinda a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos, reducir el uso de insumos externos, proteger la salud del ser humano y la biodiversidad, aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, mejoran su condición física, incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo (Mosquera, 2010). Además, esta acción permite darle valor agregado a los desechos de importantes industrias ya que con un buen manejo de residuos ganaderos es posible reciclarlos y transformarlos en fertilizantes orgánicos para las tierras de cultivo (Rodríguez, 2016)

Los fertilizantes orgánicos son residuos de origen animal o vegetal que se utilizan en la agricultura para mejorar el suelo a largo plazo, favorecen la actividad biológica y mejoran las condiciones fisicoquímicas (SAGARPA, 2016). Este tipo de fertilizante comúnmente es utilizado en sistemas de producción integral en conjunto con: utilización de cultivos trampa y control biológico de plagas a través de extractos vegetales (Gómez et al., 1999).

2.13 Ácido fúlvico

NUTRIR ES VIDA, COMPLEJOS ORGANICOS AGRICOLAS (2013), mencionan que, por definición, el ácido fúlvico es una sustancia natural orgánica soluble en agua, de bajo peso molecular que se deriva del humus.

El ácido fúlvico es un producto que estimula el crecimiento de las plantas, aumentando su vigor, estimula la absorción, promueve la penetración y transporte activo de los nutrientes a nivel membrana fundamental de células foliares y radiculares, que actúa como promotor de crecimiento vegetal y agente quelante. En las plantas, el ácido fúlvico estimula el metabolismo, provee respiración, aumenta el metabolismo de proteínas y la actividad de múltiples enzimas, incrementa la permeabilidad de las membranas celulares, la división celular y su elongación, colabora con la síntesis de la clorofila, tolera la sequía, beneficia las cosechas, estabiliza el pH del suelo, asiste la dinitrificación por los microbios, contribuye al balance electroquímico tanto como donante o como receptor, descompone la sílice para liberar los nutrientes minerales esenciales, desintoxica los agentes contaminantes tales como pesticidas y herbicidas.

2.14 Oxido de Zinc

Existen reportes indicando que el ZnO incrementan el nivel del ácido indolacético en las raíces y en los brotes apicales, promoviendo de esta forma la velocidad de crecimiento en las plantas (Shyla y Natarajan, 2014). Esto es debido a que el Zn es uno de los nutrientes esenciales y un componente muy importante de varias enzimas responsables de diversas reacciones metabólicas; también desempeña una función importante en la producción de la clorofila, la germinación de las semillas, la producción del polen, y de la biomasa (Pandey et

al., 2010). El efecto del ZnO en el crecimiento vegetal podría relacionarse también a la actividad que tiene el Zn como precursor en la producción de auxinas, las cuales promueven la elongación y la división celular (Rehman et al., 2012).

2.15 Biofortificación

La biofortificación es el proceso por el que se incrementa el contenido mineral en las partes comestibles de los cultivos (Mayer et al., 2008), por medio de la aplicación de fertilizantes al suelo o por vía foliar (Márquez-Quiroz et al., 2015).

El zinc (Zn) es un microelemento importante en la dieta humana, la deficiencia de este microelemento causa problemas de salud (Shahzad et al., 2014), a más de 2 000 millones de personas en el mundo (Amarakoon et al., 2012). La deficiencia de zinc es considerada el quinto factor de riesgo de enfermedades en los países en desarrollo (Shahzad et al., 2014).

La biofortificación de cultivos de alimentos básicos para aumentar su contenido de micronutrientes, tiene un enfoque de salud pública para el control de las deficiencias de Fe y Zn en los países en desarrollo (Bouis y Welch, 2010). El zinc es necesario por más de 100 enzimas en el cuerpo; muchas funciones corporales se ven afectados por su deficiencia, incluyendo el crecimiento físico, competencia inmune, la función reproductiva, y el desarrollo neuronal (Hotz, 2001). La deficiencia de zinc puede afectar la función neuroconductual en niños (Grantham-McGregor y Ani, 2001), y puede aumentar el riesgo de resultados adversos del embarazo (King, 2000).

Por lo tanto, la biofortificación se considera una estrategia sostenible, rentable (Bouis y Welch, 2010) y viable a corto plazo para mejorar la composición mineral de los alimentos básicos (Bouis, 2007).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

El presente proyecto se llevo a cabo en instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna (U A A A N -UL) ubicada en periférico y carretera a Santa Fe s/n Torreón Coahuila.

El experimento se desarrollo en el invernadero perteneciente al departamento de horticultura durante los meses de septiembre a mayo.

3.2 Características del invernadero

El invernadero donde se realizo el presente trabajo es de paredes rectas y techo en forma de arco, estructura galvanizada cubierto de polietileno y con maya sombra en el techo. El sistema de enfriamiento consta de un par de extractores de aire y una pared húmeda. Tiene piso recubierto de graba para evitar posibles encharcamientos.

3.3 Siembra en charolas

En el mes de diciembre se llevó a cabo la siembra de semillas, esto se realizó en charolas de germinación. Utilizando para el llenado peat moss al 80% y arena al 20%, lo cual se humedeció lo suficiente para poder brindarle las condiciones adecuadas a la semilla.

Teniendo llenas las charolas, se colocó una semilla por cavidad y después se cubrió con bolsa de plástico para mantener una temperatura favorable para la germinación.

3.4 Llenado de macetas

Para este experimento se utilizo bolsa de vivero color negro de 10 kg, las cuales para llenarse se utilizó una mezcla de peat- moss y arena (50% y 50%)

3.5 Trasplante

Se realizo el trasplante en el mes de enero, un mes después de su siembra en charola, las plantas ya portaban de tres a cuatro hojas verdaderas. Se llevo a cabo de forma manual colocando una planta en cada bolsa.

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar en el que se usó un blanco o testigo y cuatro niveles de aplicación de un compuesto orgánico-mineral a base de zinc. Los niveles de aplicación son cero, dos, cuatro, seis y ocho por ciento de ácido fúlvico, con 10 unidades experimentales por tratamiento.

3.7 Manejo del cultivo

3.7.1 Entutorado

Se realizo a los 25 días después del trasplante cuando la mayoría de las plantas ya alcanzaban una altura de 30 cm.

Esto consiste en atar rafia de la estructura del invernadero al tallo principal de la planta para así mantenerla firme evitando que se quebré, además de permitir un mejor manejo del cultivo.

3.7.2 Poda

Se realizo a los 25 días después del trasplante eliminando las primeras tres hojas basales, esto para evitar contacto con el sustrato y evita la presencia de plagas y enfermedades.

3.7.3 Control de plagas y enfermedades

Para la identificación de plagas y enfermedades se realizaban constantemente revisiones visuales en las plantas y posteriormente se realizaron las aplicaciones en caso necesario.

La primera presencia de plagas fue la mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* y *Trialeurodes abutilonea*) en la cual utilizamos Muralla Max para combatirla.

3.7.5 Fertirriego

El riego con fertilización se realizó de forma manual, aplicando un litro por la mañana y un litro por la tarde como correspondía a cada tratamiento.

3.7.6 Cosecha

La cosecha se realizó a los 60 días después del trasplante, cuando los frutos recolectados presentaron las siguientes características: no haber llegado a su madurez fisiológica, su extremidad apical esté redondeada, inicio en el cambio de color de verde oscuro a un verde claro, también el tamaño de fruto, las estrías estén menos pronunciadas y el fruto presentaba firmeza. El corte se realizó utilizando tijeras evitando daños a la planta.

3.8 Metodología

Los muestreos se llevaron a cabo en el mes de marzo, se analizó el elemento por el método de absorción atómica vía húmeda. Se eligieron 10 muestras por tratamiento considerando que fueran del mismo tamaño, fueron guardadas y secadas, para su posterior análisis.

Los resultados fueron analizados por el método DOP (Desviación Óptimo Porcentual) en el cual se determinan excesos y déficit nutrimental del fruto, para su cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$DOP = \frac{A - a}{A} - 100$$

Donde:

A= Es concentración foliar del elemento de la muestra analizada (porcentaje de materia seca).

a= Es el porcentaje óptimo del elemento definido en las mismas condiciones que la muestra.

Los resultados obtenidos con la fórmula, se ordenaron de mayor a menor, los números negativos indican deficiencia, los positivos excesos y los ceros representan que la cantidad es óptima, una vez ordenados de mayor a menor indican la posición de los nutrimentos en la que el fruto, lo que da paso a reconocer si la fertilización que se ha implementado cumple con las necesidades nutrimentales de la planta, dando paso a corregir o mantener la fertilización.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los datos obtenidos de los análisis foliares hechos al fruto de *cucumis sativus* y al método de Desviación Optimo Porcentual (DOP), el único micronutriente que se presentó como deficiente fue el magnesio (Mg), sin embargo, los macronutrientes como el fosforo (P) también presento deficiencias.

Cuadro 1.- Datos del análisis de fruto Cucumis sativus L.

	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B	Mo
T1	2	0.01	2	0.1	7	0.2	6	50	80	60	30	2
T2	3	0.02	3	0.3	9	0.2	9	65	150	150	55	3
T3	3	0.02	3	0.3	9	0.2	9	65	150	150	55	3
T4	5	0.03	5.4	0.7	11.4	0.2	18	80	300	250	60	5
T5	5	0.03	5.4	0.7	11.4	0.2	18	80	300	250	60	5

Cuadro 2.- Orden de limitación de elementos por el método de Desviación Optimo Porcentual de Cucumis sativus L.

DOP

T1	P>	S>	N>	K>	Mg>	Cu>	B>	Fe>	Mn>	Zn>	Mo>	Ca
T2	P>	N>	Mg>	S>	K>	Cu>	B>	Zn>	Mn>	Fe>	Mo>	Ca
T3	P>	N>	Mg>	S>	K>	Cu>	B>	Zn>	Mn>	Fe>	Mo>	Ca
T4	P>	N>	K>	S>	B>	Cu>	Zn>	Fe>	Mn>	Mo>	Ca>	Mg
T5	P>	N>	K>	S>	B>	Cu>	Zn>	Fe>	Mn>	Mo>	Ca>	Mg

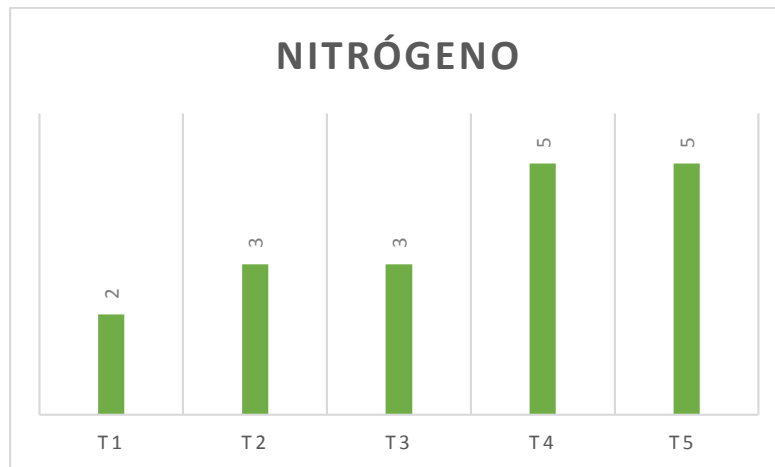


Figura 1.- Datos del análisis de Fruto de nitrógeno (N).

Cuadro 3.- Cantidad de nitrógeno (N) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
2	3	3	5	5

De acuerdo con Ciampitti & García (2015) los valores reportados son de 4 kilogramos de nitrógeno por tonelada de fruto.

Conforme a los resultados adquiridos y graficados la aplicación de Nitrógeno en el T1, T2 y T3 se encuentra por debajo de los valores citados, mientras que los T4 y T5 su valor es superior al reportado por Ciampitti & García (2015).

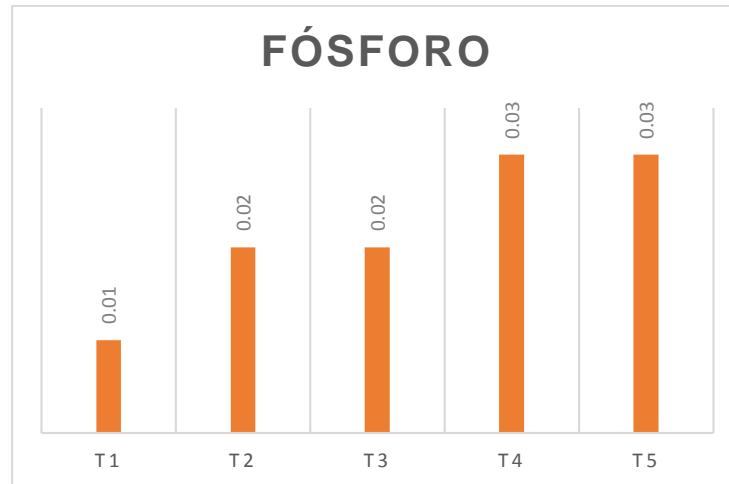


Figura 2.- Datos del análisis del fruto de fósforo (P).

Cuadro 4.- Cantidad de fosforo (P) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
0.01	0.02	0.02	0.03	0.03

El elemento fósforo (P) mostro deficiencia en las cinco muestras La cual se encuentra por debajo al reportado por Ciampitti & García (2015) de 0.6 kg tn-1 en los cinco tratamientos.

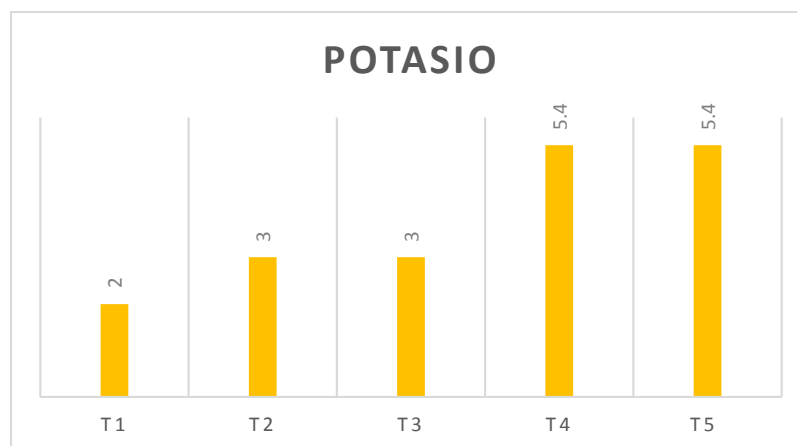


Figura 3.- Datos del análisis del fruto de potasio (K)

Cuadro 5.- Cantidad de potasio (K) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
2	3	3	5.4	5.4

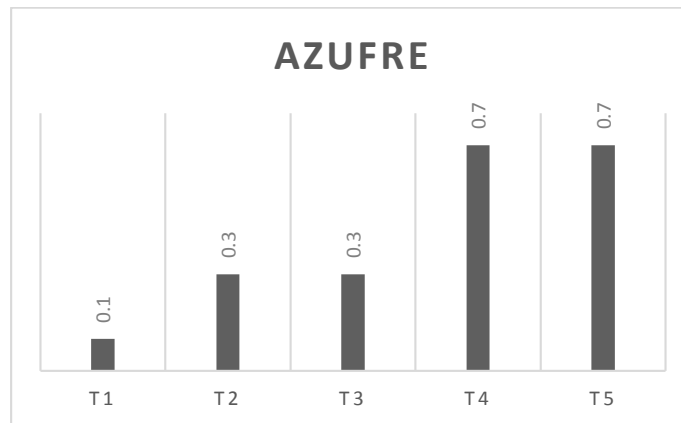


Figura 4.- Datos del análisis del fruto de azufre (S)

Cuadro 6.- Cantidad de azufre (S) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
0.1	0.3	0.3	0.7	0.7

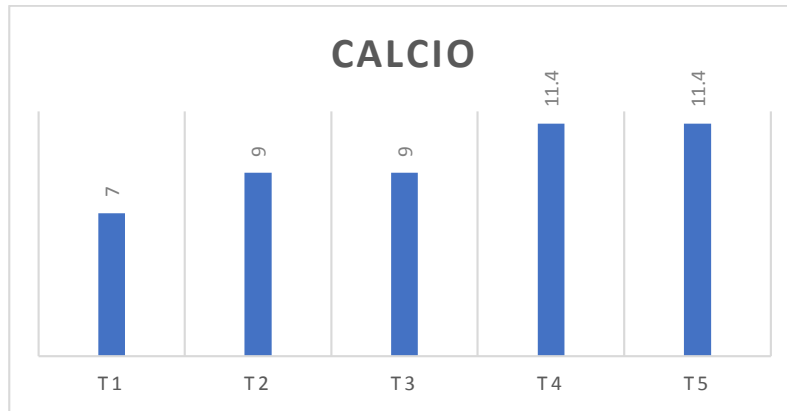


Figura 5.- Datos del análisis del fruto de Calcio (Ca)

Cuadro 7.- Cantidad de calcio (Ca) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
7	9	9	11.4	11.4

Según Ciampitti & García (2015), los valores reportados de calcio (Ca) son de 5.3 kilogramos por tonelada de fruto.

Conforme a los resultados adquiridos y graficados la aplicación de Calcio en el en los cinco tratamientos se encuentra por arriba de los valores citados, por Ciampitti & García (2015).

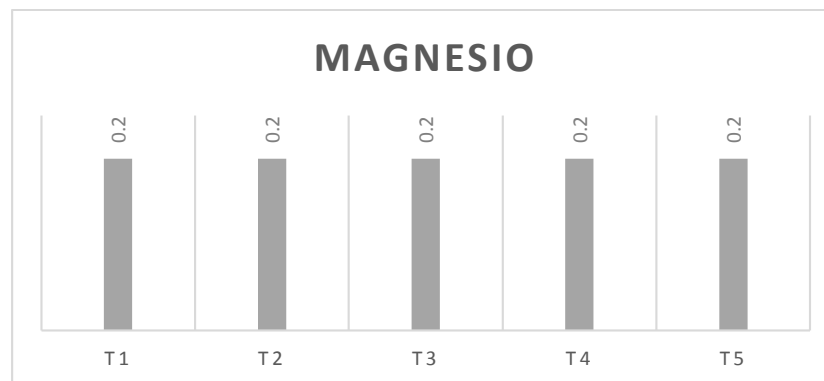


Figura 6.- Datos del análisis del fruto de Magnesio (Mg)

Cuadro 8.- Cantidad de magnesio (Mg) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Teniendo en cuenta a Ciampitti & García (2015), el valor reportado es de 1.1 kg t-1

El elemento magnesio (Mg) mostro deficiencia en las cinco muestras, tanto como en nuestro tratamiento testigo (fertilización química) y en las aplicaciones al dos, cuatro seis y ocho por ciento T2, T3, T4, T5. Teniendo valor inferior al citado por Ciampitti & García (2015).

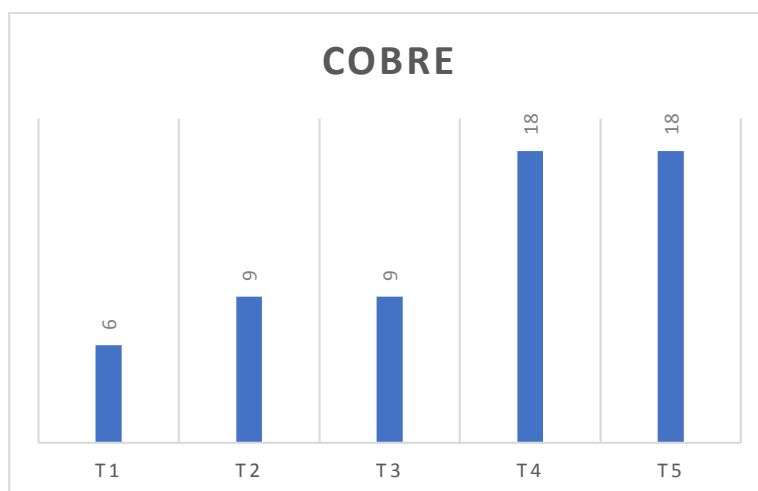


Figura 7.- Datos del análisis del fruto de Cobre (C)

Cuadro 9.- Cantidad de cobre (Cu) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
6	9	9	18	18

Harry A. Mills, describe que la concentración de cobre en el fruto del pepino es de 5 – 20 mg kg-1 en los resultados obtenidos se encuentra dentro del margen citado.

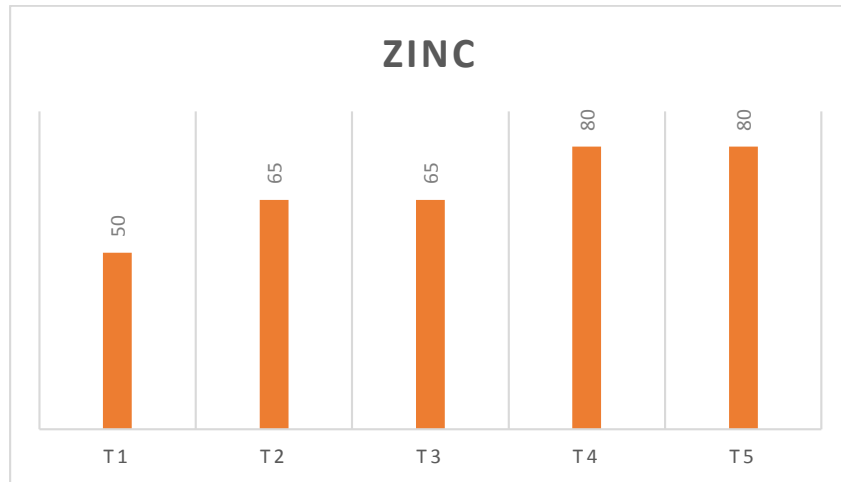


Figura 8.- Datos del análisis del fruto de Zinc (Zn)

Cuadro 10.- Cantidad de zinc (Zn) en fruto

T1	T2	T3	T4	T5
50	65	65	80	80

La concentración de zinc que resultaron de las muestras del fruto se encuentra dentro del rango de suficiencia reportado por Harry A. Mills, el cual es de 25 – 300 mg kg⁻¹.

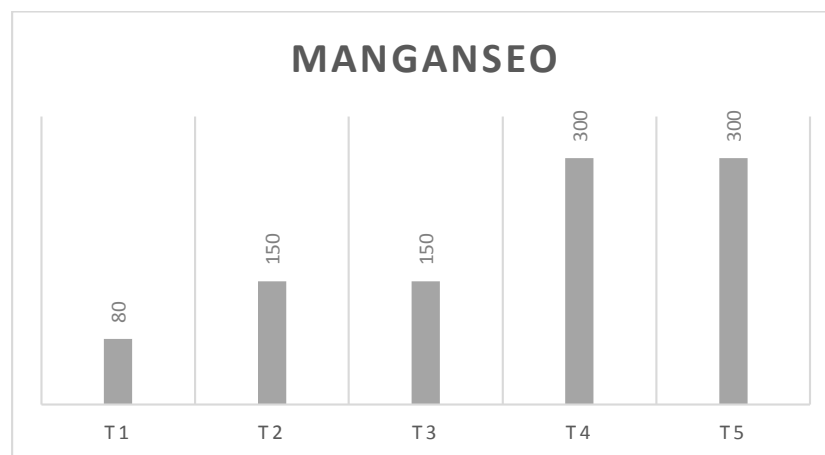


Figura 9.- Datos del análisis del fruto de Manganeso (Mn)

Cuadro 11.- Cantidad de manganeso (Mn) en fruto

T1	T2	T3	T4	T5
80	150	150	300	300

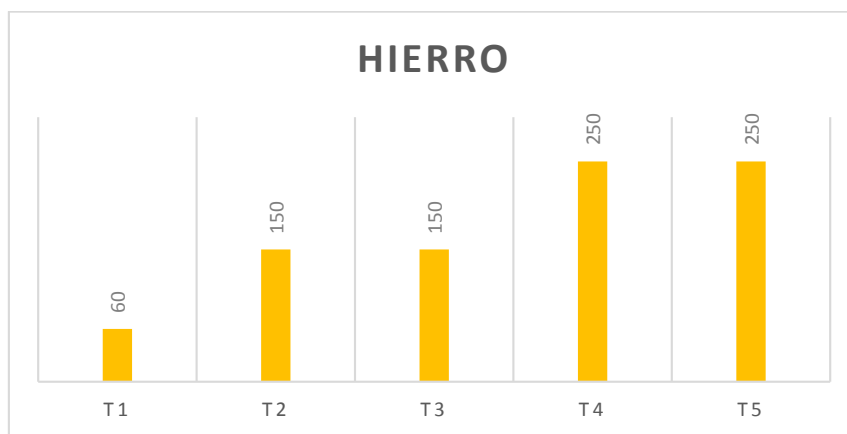


Figura 10.- Datos del análisis del fruto de Fierro (Fe)

Cuadro 12.- Cantidad de hierro (Fe) en fruto

T1	T2	T3	T4	T5
60	150	150	250	250

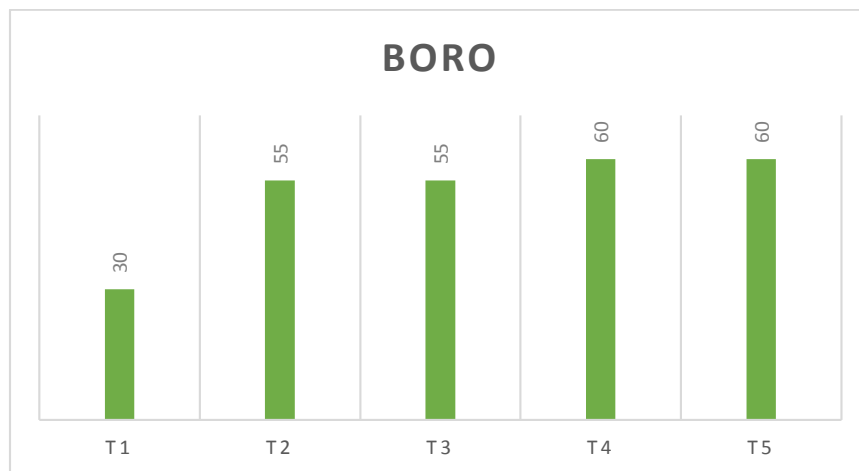


Figura 11.- Datos del análisis del fruto de Boro (B)

Cuadro 13.- Cantidad de boro (B) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
30	55	55	60	60

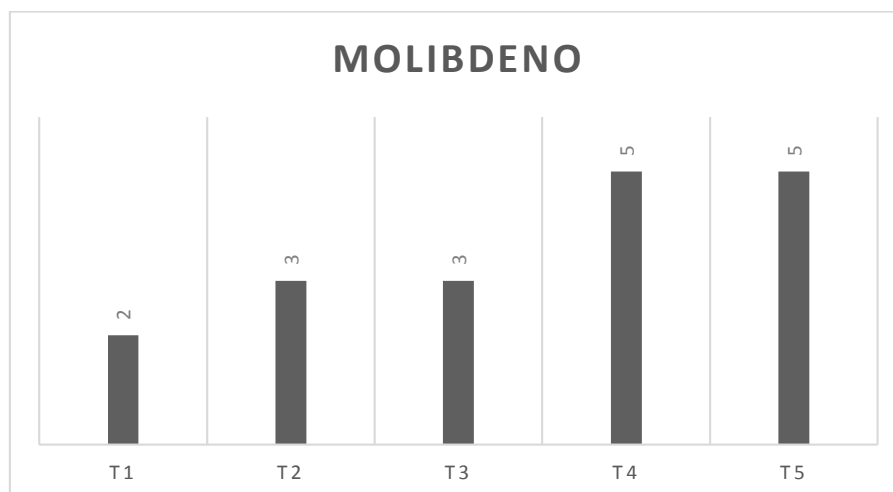


Figura 12.- Datos del análisis foliar de Molibdeno (Mo)

Cuadro 14.- Cantidad de molibdeno (Mo) en fruto.

T1	T2	T3	T4	T5
2	3	3	5	5

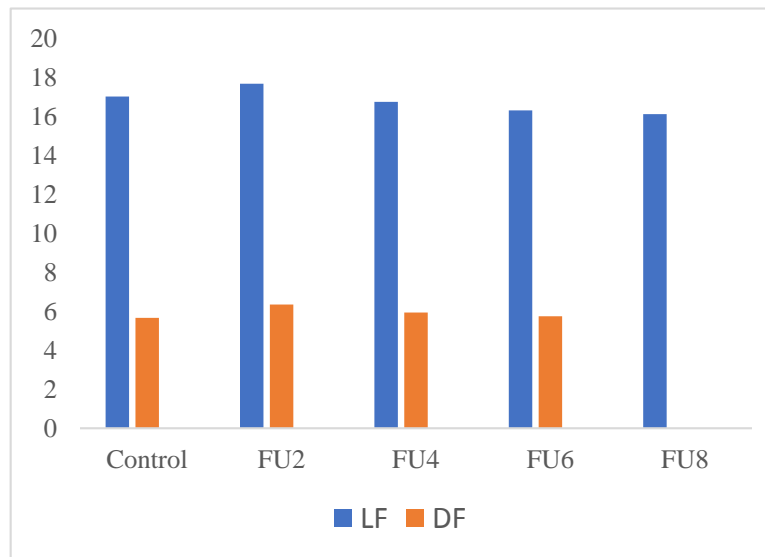


Figura 13. - Longitud y diámetro del fruto

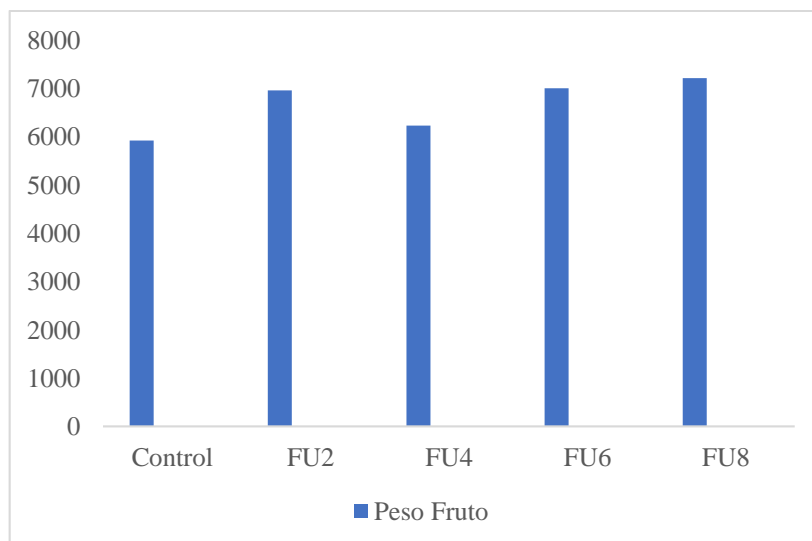


Figura 14. - peso del fruto

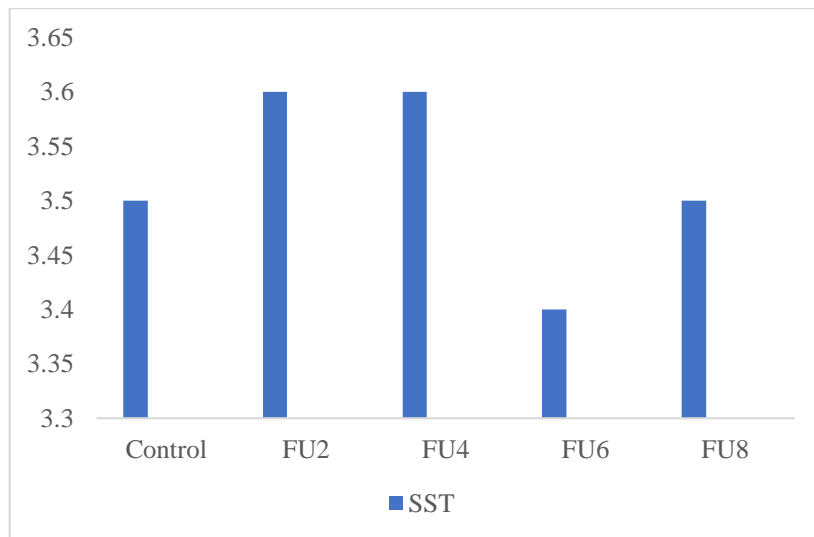


Figura 15. - solidos solubles totales

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el proyecto podemos concluir que las aplicaciones de ácido fúlvico con zinc en un seis y ocho por ciento (T4) Y (T5) son asimiladas; ya que en los resultados de los muestreos se encontraron cantidades dentro del parámetro a las establecidas por otros autores, consideradas óptimas; es importante mencionar que el zinc en las plantas testigo se mostró en menor cantidad durante todo su ciclo, en cambio se mostró una asimilación y estabilidad notoria en aplicaciones de ácido fúlvico al seis por ciento (T4) (durante la maduración del fruto y su cosecha), por lo que se deduce que las aplicaciones influyeron de manera positiva en una etapa fenológica, donde el aprovechamiento de tal elemento es crucial.

Los resultados del método de Desviación Optimo Porcentual (DOP), dan como orden de limitación a los elementos del tratamiento cuatro (T4) P>N>K>S>B>Cu>Zn>Fe>Mn>Mo>Ca>Mg y tratamiento cinco (T5) P>N>K>S>B>Cu>Zn>Fe>Mn>Mo>Ca>Mg, donde podemos observar que los elementos se mantienen dentro de un parámetro sumamente parecido, en este caso el zinc ocupando el lugar número 7 se encuentra en el mismo lugar dentro de las dos tratamientos, que como se mencionó antes es un elemento muy importante en esta etapa fenológica de la planta (maduración y cosecha).

El peso del fruto de las aplicaciones de ácido fúlvico con zinc al dos y ocho por ciento (T2) y (T5) fueron las más sobresalientes por lo que se entiende que las aplicaciones intervinieron de manera efectiva en la fenología del cultivo.

Los resultados de los sólidos solubles totales en las aplicaciones del ácido fúlvico con zinc al dos y cuatro por ciento (T2) y (T3) fueron mayores a los demás tratamientos por consiguiente fueron los mejores en el experimento.

VI. Bibliografías

Arias, S. 2007. Producción de pepino. USAID-RED. La Lima, Cortez, Honduras. Pp.31.

Bouis, H.E., 2007. The potential of genetically modified food crops to improve human nutrition in developing countries. *Journal of Development Studies* 43:79-96.

Ciampitti, I., & García, F. (2007). Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios II: hortalizas, frutales y forrajeras. US, IPNI, Archivos agronómicos. Recuperado de <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>

Estrada Urbina, Juan. (2019-01-14). Influencia de las nanopartículas de óxido de zinc sobre la calidad fisiológica y sanitaria de la semilla de maíz nativo (*Zea mays* L.). 2020, de FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES Sitio web: <http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1067/Tesis%20R5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guillén-Molina, Moisés, & Márquez-Quiroz, César, & de la Cruz-Lázaro, Efraín, & Velázquez-Martínez, José Rodolfo, & Soto Parra, Juan Manuel, & García Carrillo, Mario, & Orozco Vidal, Jorge Arnoldo (2016). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17),3427-3438.[fecha de Consulta 26 de Enero de 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506004>

Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24:227-247

Harry, A., Mills, J. B. (1996). Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide (ilustrada, revisada ed.). v. 2.

Hotz, C., 2001. Identifying populations at risk of zinc deficiency: the use of supplementation trials. *Nutrition Reviews* 59:80-84.

King, J.C., 2000. Determinants of maternal zinc status during pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71:1334s-1343s.

Mayer, J.E., Pfeiffer, W.H., Beyer, P., 2008. Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. *Current Opinion in Plant Biology* 11:166-170.

Moreno Velázquez, Delia, & Hernández Hernández, Brenda Nataly, & Barrios Díaz, Juan Manuel, & Ibáñez Martínez, Armando, & Cruz Romero, Wendy, & Berdeja Arbeu, Raúl (2015). Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva.

Ocaña, R., C. R. 2007. Producción protegida “crecimiento de superficie de invernaderos en México”. *Revista Productores de Hortalizas* 16 (5):8-9 Mayo /2007.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>.

Pandey, A, C., Sanjay, S. S., and Yadav, R. S. (2010). Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of Experimental Nanoscience*. 5(6): 448-497

Ramírez Abarca, Orsohe Hernández Martínez, Juvencio González Razo, Felipe de Jesús. (2021-06-30). Análisis económico del pepino persa en condiciones de invernadero en Guerrero y estado de México, 2020. 2022, de Revista Mexicana de Agronegocios Sitio web: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/111197>

Rehman, H, U., Aziz, T., Farooq, M., Wakeel, A., Rengel, Z. (2012). Zinc nutrition in rice production systems: a review. *Plant and Soil*. 361 (1): 203-226.

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6 (3),637-643.[fecha de Consulta 26 de Enero de 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263138088016>

Rosales Serrano, Luis Antonio, & Segura Castruita, Miguel Ángel, & González Cervantes, Guillermo, & Potisek Talavera, María del Carmen, & Orozco Vidal, Jorge Arnaldo, & Preciado Rangel, Pablo (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. *Interciencia*, 40 (5),317-323.[fecha de Consulta 26 de Enero de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33937066005>

Sánchez – Andréu, J., J. Jordá and M. Juárez 1994. Humic Substances 1994. Humic Substances. Incidence on Crop Fertility *Acta Horticulture*. 357:303-313.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012-2018. Indicadores productivos de pepino del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México.

Servicio de Investigación Agroalimentaria y Pesquera. 2015-2018. Indicadores productivos del pepino persa en los estados productores. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Shyla, K. K., and Natarajan, N. (2014). Customizing zinc oxide, silver and titanium dioxide nanoparticles for enhancing groundnut seed quality. *Indian Journal of Science and Technology*. 7(9): 1376-1381.

Sida-Arreola, J. P., Sánchez, E., Ávila-Quezada, G. D., Acosta-Muñoz, C. H., & Zamudio-Flores, P. B. (2020). Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas y su impacto en la nutrición y salud humana: Micronutrient biofortification in agricultural crops and their impact on human nutrition and health. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 9(2), 67-74. Recuperado a partir de <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/591>

Widders, I. E. and Lorenz, O. A. 1982. Potassium nutrition during tomato plant development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118:960-964.