

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**Comportamiento de un fulvato de zinc en la producción de higo**

*(Ficus carica L.)*

Por:

**CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ IBARRA**

TESIS

**Presentada como requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

Comportamiento de un fulvato de zinc en la producción de higo

(*Ficus carica L.*)

POR:

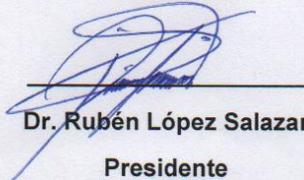
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ IBARRA

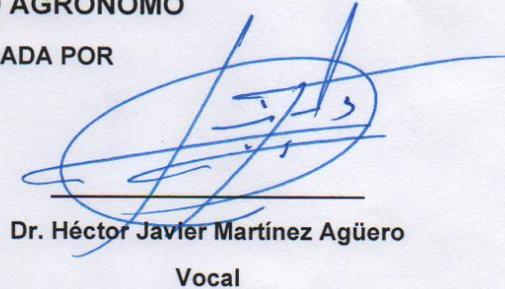
TESIS

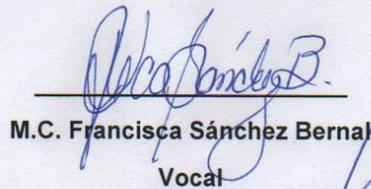
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

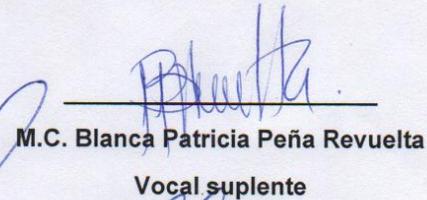
INGENIERO AGRÓNOMO

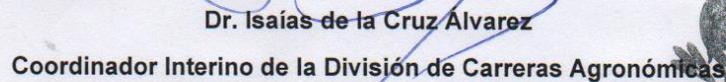
APROBADA POR

  
Dr. Rubén López Salazar  
Presidente

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Vocal

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal  
Vocal

  
M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta  
Vocal suplente

  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONOMICAS

FEBRERO DEL 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**

Comportamiento de un fulvato de zinc en la producción de higo

(*Ficus carica* L.)

POR:

**CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ IBARRA**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

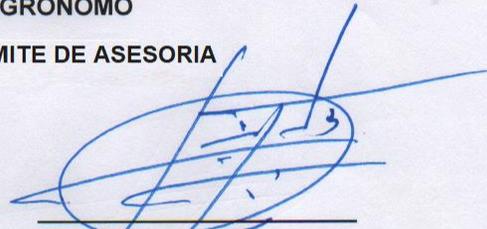
**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADA POR EL COMITE DE ASESORIA

  
\_\_\_\_\_

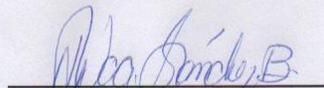
Dr. Rubén López Salazar.

Asesor principal

  
\_\_\_\_\_

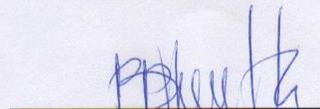
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero.

Coasesor

  
\_\_\_\_\_

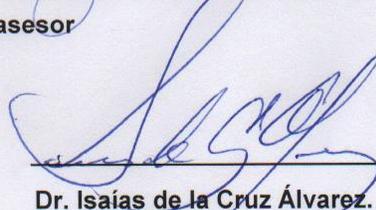
M.C. Francisca Sánchez Bernal.

Coasesor

  
\_\_\_\_\_

M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta

Coasesor

  
\_\_\_\_\_

Dr. Isaías de la Cruz Álvarez.

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

FEBRERO DEL 2022

## **Agradecimientos**

Eternamente a mi alma mater la Universidad autónoma agraria Antonio Narro, por permitirme desarrollarme como persona profesionalista dentro de sus instalaciones.

Agradecido profundamente con el Dr. Rubén López Salazar, por el apoyo y disponibilidad para poder realizar este trabajo de tesis, al compartir sus conocimientos y experiencia que me ayudaron a cumplir esta meta profesional.

A mis coasesores la M.C. Francisca Sánchez Bernal, el Dr. Héctor Javier Martínez Agüero, la M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta, por el tiempo que me dedicaron.

A los encargados del rancho “El Capricho”, por permitirnos trabajar en este proyecto dentro de sus parcelas.

## DEDICATORIA

**A mis padres, Martha Ibarra Tovar y Rafael Rodríguez Márquez,** por su apoyo total, ya que sin ellos no podría ser la persona que ahora soy.

**A mis hermanas Rosita y María,** por apoyarme durante mi carrera.

**A mi sobrina Amber Lucia,** la por ser la alegría de la casa.

**Al Dr. Rubén,** por el apoyo brindado y conocimientos para la realización de mi tesis.

**A mi alma mater,** por cobijarme durante estos más de 4 años en los que me supere como persona.

**A mis amigos,** por todos los momentos que pasamos durante la carrera.

**A mis profesores,** los cuales me brindaron sus conocimientos.

## Resumen

Comportamiento de un fulvato de zinc en la producción de higo (*Ficus carica* L.)

El objetivo principal de este trabajo de investigación consistió en estudiar el comportamiento de un fulvato de zinc (Fzn) para biofortificar el cultivo de la higuera, cuando este es aplicado vía foliar desde el inicio de la etapa vegetativa, el experimento se llevó a cabo en el rancho “El Capricho” en el ejido Transporte del municipio de Gómez Palacio, Durango; en una huerta dedicada a la producción de higo (*Ficus carica* L.) bajo un sistema de producción intensiva. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, en el experimento se realizó la aplicación vía foliar de un compuesto orgánico a base de zinc con un blanco o testigo (T1) y tres diferentes niveles de aplicación, T2 (zinc 2%), T3 (zinc 4%) y T4 (zinc 6%) con 20 unidades experimentales por tratamiento, las aplicaciones fueron realizadas cada 15 días una vez realizada la poda de invierno, se realizó un muestreo foliar y de fruto para medir el comportamiento del elemento zinc (Zn), los muestreos foliares fueron realizados los días 28 de mayo, 22 de julio, 24 de septiembre y el 22 de octubre, en el cual se tomo una muestra representativa de 20 hojas por tratamiento de aproximadamente el mismo tamaño, 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, que posiciono a macro elementos como el (N y Mg) como iii deficientes y a los microelementos como él (Mn y el Fe) en la primera y segunda

posición respectivamente, respecto al microelemento del zinc las aplicaciones foliares del tratamiento tres (T3) de el fulvato de zinc (FZn) al 4% lo posicionaron en la tercer posición con valores superiores a los considerados como óptimos para su desarrollo.

**Palabras clave:** Fulvato, Ficus carica L., sustancias húmicas, Biofortificación, Fertilización foliar.

## Índice general

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1.  Objetivogeneral.....	2
1.2.  Objetivo específico.....	2
1.3.  Hipotesis.....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.  Origen .....	3
2.2.  Valor comercial y nutrimental.....	3
2.3.  Producción mundial.....	4
2.3.1. Producción nacional.....	4
2.4.  Fertilización.....	5
2.4.1. Fertilización foliar.....	5
2.5.  Sustancias húmicas.....	6
2.6.  Ácidos húmicos.....	7
2.7.  Ácidos fúlvicos .....	7
2.8.  Modo de ingreso.....	10
2.9.  El zinc.....	11
2.9.1. Zn en el suelo y la planta.....	12
2.9.2. Absorción del zinc .....	13
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1.  Localización del experimento.....	15
3.2.  Diseño experimental.....	15
3.2.1. Tratamientos.....	16

<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>30</b>
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>31</b>

**Índice de cuadros**

**Cuadro 1.- Datos del análisis foliar de *Ficus carica* .....22**

**Cuadro 2. Orden de limitación de los elementos obtenidos mediante el método de Desviación Optimo Porcentual en *Ficus carica* L.....25**

## Índice de figuras

Figura 1. Lugar del experimento.....	15
Figura 2. Poda de invierno.....	16
Figura 3. Aplicación foliar del mes de febrero.....	17
Figura 4. Aplicación foliar del mes de marzo.....	17
Figura 5. Aplicación foliar del mes de abril.....	18
Figura 6. Aplicación foliar del mes de mayo.....	19
Figura 7. Aplicación foliar del mes de junio.....	19
Figura 8. Aplicación foliar del mes de julio.....	20
Figura 9. Datos de elementos tratamiento 1 (T1).....	23
Figura 10. Datos de elementos tratamiento 2 (T2).....	24
Figura 11. Datos de elementos tratamiento 3 (T3).....	24
Figura 12. Datos de elementos tratamiento 4 (T4).....	25

## I. Introducción.

La higuera (*Ficus carica* L.) es originaria de Asia central, de donde fue llevada al mediterráneo y de ahí al continente americano (Pereira et, al 2015).

*Ficus carica* L. se adapta a una gran variedad de suelos y climas por su tolerancia a la salinidad y sequía, los mejores rendimientos se obtienen en áreas con clima seco y cálido en verano e invierno fresco y húmedo (El Shazly et al., 2014).

Los principales países productores se encuentran en la zona del Mediterráneo y en Asia Menor, Turquía cultiva cerca de un cuarto de la producción mundial de higos, Grecia ocupa el segundo lugar con 80,000 t, seguido por España y Francia con 61,000 y 3,500 t respectivamente (FAO, 2016), mientras que México ocupa el lugar número 19 de 51 países productores registrados en las estadísticas de la FAO (FAO, 2018), con una superficie de 1838 hectáreas, siendo los estados de Morelos con (479ha), Baja California Sur (302ha) y Veracruz con (165ha), los estados con mayor producción (SIAP, 2019).

La comarca Lagunera del estado de Durango cuenta con 22 hectáreas de este cultivo, las cuales están protegidas por invernaderos lo que asegura buena calidad y rendimiento.

El zinc es un micronutriente importante para el crecimiento vegetativo, la formación y maduración del fruto y la fotosíntesis de las plantas, se encarga de activar y estabilizar proteínas encargadas de diferentes procesos metabólicos. Aunque las plantas necesitan una cantidad pequeña de este micronutriente, su escasez pone en riesgo el rendimiento del cultivo.

### **1.1. Objetivo general**

Biofortificar el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) mediante un compuesto orgánico mineral.

### **1.2. Objetivos específicos.**

Conocer el comportamiento de un fulvato de Zinc en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.).

Identificar la mejor dosis del compuesto.

### **1.3. Hipótesis**

La aplicación foliar de un fulvato de Zinc en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) tendrá un mejor desarrollo fenológico.

## **II. Revisión de literatura**

### **2.1. Origen**

La higuera (*Ficus carica* L.) es originaria de Asia central, de donde fue llevada al mediterráneo y de ahí al continente americano (Pereira et, al 2015). Este cultivo había sido poco estudiado hasta hace algunos años, pues su alta demanda lo ha puesto en el mercado mundial de manera creciente debido a su valor nutricional (Baldoni D., et al 2016). *Ficus carica* L. se adapta a una gran variedad de suelos y climas por su tolerancia a la salinidad y sequía, los mejores rendimientos se obtienen en áreas con clima seco y cálido en verano e invierno fresco y húmedo (El Shazly et al., 2014).

### **2.2. Valor comercial y nutrimental**

Los frutos del higo tienen un gran valor comercial (Irget et al. 2008) y son un complemento importante de la nutrición humana, al aportar compuestos energéticos en forma de almidones y azúcares como glucosa y fructosa (Aljane, Toumi y Ferchichi 2007). Además, contienen importantes cantidades de minerales necesarios para el metabolismo, siendo el P, K, Ca, Mg, Na, Fe y Zn los que se encuentran en mayor concentración (Sadia et al.2014) y son un fuente importante de vitaminas, aminoácidos y antioxidantes (Solomon et al. 2006).

Los principales componentes nutrimentales del higo son azúcares y elementos minerales, principalmente almidón, seguido por la glucosa, fructosa, K, Ca, Mg, Na y Zn. Estos nutrimentos son algunos de los elementos más importantes en la evaluación de la calidad comercial de los higos (Aljane et. al., 2007).

### **2.3. Producción mundial**

A nivel mundial los principales países productores se encuentran en la zona del Mediterráneo y en Asia Menor. Esto relacionado con el área de origen y de difusión del cultivo, siendo también los principales centros de consumo de higo. Turquía cultiva cerca de un cuarto de la producción mundial de higos, Grecia ocupa el segundo lugar con 80,000 t, seguido por España y Francia con 61,000 y 3,500 t respectivamente (FAO, 2016).

#### **2.3.1. Producción nacional**

En México el cultivo de esta especie ha ido en aumento siendo una alternativa eficazmente económica para el sector rural (Macías et al., 2014).

México ocupa el lugar número 19 de 51 países productores registrados en las estadísticas de la FAO (FAO, 2018).

En México la superficie destinada para la producción de higo se ubica en 15 estados con una superficie de 1838 hectáreas, siendo los estados de Morelos con (479), Baja California Sur (302) y Veracruz con (165), los estados con mayor producción (SIAP, 2019).

En la Comarca Lagunera de Durango hay un total 22 ha de higuera, con sistemas tecnificados de producción; cuentan con riego presurizado, cubiertas plásticas tipo macro túnel para prevenir daños por frío durante el invierno (Márquez G. et al, 2019), altas densidades de

plantación (2 500 árboles ha<sup>-1</sup>) y poda anual y en verde para mantener la copa del árbol compacta.

Debido a su demanda creciente por países como Estados Unidos, el comienzo del cultivo como potencial puede convertir al país en productor mundial (Soberanes-Pérez 2020).

## **2.4. Fertilización**

En la mayoría de los cultivos, la demanda de nutrimentos tiene su pico durante la fase máxima de desarrollo vegetativo en los cultivos anuales y durante el desarrollo de los frutos y semillas en los arbóreos. Durante estas fases tanto como el 40% de la acumulación total anual de nutrientes puede ser adquirida en un período de 10 días (Jones et al., 2009).

### **2.4.1. Fertilización foliar.**

La fertilización foliar se utiliza para corregir deficiencias nutricionales, especialmente de micronutrientes como manganeso (Mn), boro (B) y zinc (Zn) (Fernández y Brown, 2013), especialmente cuando la disponibilidad de micronutrientes en el suelo es baja.

(*Ficus carica* L.) se considera un cultivo marginal, con bajos requerimientos nutrimentales (Conabio, 2018); sin embargo, estudios como el de (Brown, 1994) muestra que la concentración foliar nutrimentos esenciales como nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn), presentan cambios a lo largo del ciclo de crecimiento.

## 2.5. Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas, (SH), se definen como los más ampliamente distribuidos productos orgánicos de biosíntesis en la superficie de la tierra (Tan,1998), que exceden la cantidad de carbono contenido en todos los organismos vivos por aproximadamente un orden de magnitud (Steinberg et al., 2003).

Las sustancias húmicas son complejos de cadenas grandes de carbono orgánico que además contienen oxígeno, hidrógeno, nitrógeno (Cooper, 2017), azufre y fósforo (Navarro, 2003) permiten la formación de complejos iónicos y micronutrientes como hierro y zinc (Veobides, 2018), posibilitan la interacción con minerales del suelo, la capacidad de adsorción y complejación de iones, lo que se refleja en reacciones de interés agronómico- productivo (Veobides, 2018).

Respecto al origen y formación de las sustancias húmicas se plantea que dichos materiales orgánicos son resultantes de reacciones concertadas de varios procesos bióticos y abióticos (Nardi et al., 2016), que resultan de la descomposición de los residuos vegetales, animales y de microbios pero también provienen de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo usando estos sustratos (du Jardín, 2015).

Las SH constituyen más del 80 % de la materia orgánica del suelo (MOS) (Canellas y Olivares, 2014), aunque pueden estar presentes en ambientes acuáticos y en la atmósfera (Graber y Rudich, 2006). Estas pueden encontrarse, en varias concentraciones, en diferentes fuentes como, por ejemplo: ríos, lagos, océanos, materiales orgánicos, minerales como la leonardita, sedimentos, entre otros (Fujitake y Yanagi, 2003).

Nebbioso (2012) y Calderín (2014), revelaron que las sustancias húmicas presentan una organización estructural supramolecular con estructuras hidrofóbicas grandes e hidrofílicas pequeñas. Las primeras están compuestas de fracciones húmicas de cadenas lineales alifáticas y anillos aromáticos condensados y las hidrofílicas están compuestas de fracciones húmicas irregulares.

En la naturaleza coloidal de las sustancias húmicas, se encuentran dos grupos de compuestos, Stevenson, (1994) los define como ácidos húmicos al material orgánico de color oscuro que puede ser extraído del suelo por álcalis y otros reactivos y es insoluble en ácido diluido; y como ácidos fúlvicos a la fracción de la materia orgánica del suelo que es soluble en álcali, permanece en solución después de la eliminación de ácidos húmicos por acidificación.

Los ácidos húmicos y fúlvicos comparten en gran medida los efectos en el suelo y en el vegetal, su estructura diferente y propiedades físico-químicas hacen que sean aún más eficaces que otras en diferentes funciones; se obtienen durante el proceso de humificación de la materia orgánica (Meléndez, 2003), sin embargo, pueden obtenerse también de materiales orgánicos fosilizados, como turbas y lignitos provenientes de minas de carbón (Rivero et al., 2004).

## **2.6. Ácidos húmicos (AH)**

Los ácidos húmicos (AH) se consideran químicamente activos por su composición orgánica natural, por lo que su aplicación puede ser foliar y al suelo (Reyes-Pérez, 2021). Los ácidos húmicos son macromoléculas polielectrolíticas que desempeñan un papel importante en el ciclo global de carbono y nitrógeno (Christi et al., 2000).

Están formados de compuestos predominantemente hidrofóbicos, es decir, ácidos grasos, compuestos esteroidales, cadenas de grupos metileno, que están estabilizadas a pH neutro por fuerzas dispersivas hidrofóbicas (Piccolo, 2002), son solubles en medios alcalinos e insolubles en ácidos minerales, son de color café oscuro a negro (Stevenson, 1994), están compuestos mayormente por carbono y oxígeno, su contenido de carbono es aproximadamente de 54 a 59 por ciento y de 33 a 38 por ciento de oxígeno.

Tlatempa (2001) afirma que los AH de distintos suelos y materia orgánica en descomposición presentan estructuras muy semejantes. La forma de las moléculas juega un papel importante en la formación de la estructura del suelo, el hecho que estas moléculas posean una estructura flexible y ramificada con multitud de cavidades internas, misma que determina su capacidad de absorción frente al agua (Labrador, 2001).

La aplicación de AH al suelo favorecen, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura, disminuye la densidad aparente, la capacidad de humedad aprovechable, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García, 1992).

En definitiva, las SH son promotores esenciales en la iniciación de las raíces en esquejes de geranio, los humatos del sodio, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y la Leonardita en concentraciones de 0.05 por ciento indujeron la formación de raíces; por lo que concluye que éstos tienen acción semejante a las auxinas (O'Donnell, 1973).

Por otro lado; Kuwatsuka, et al. (1978) comenta que los tratamientos con ácidos húmicos dan altos resultados sobre el cultivo, así como proliferación en el crecimiento de raíces y aumento en el área foliar.

## **2.7. Ácidos fúlvicos (AF)**

Los ácidos fúlvicos son compuestos que están constituidos por dos grupos que son: Carboxílicos y fenólicos, estos grupos pueden absorber cationes cuando están en forma libre, siendo los cationes bivalentes lo que se adhieren con mayor fuerza a las cargas negativas.

Los ácidos fúlvicos incrementan la permeabilidad de las membranas celulares además de participar directamente en la apertura de los estomas. Por esta razón la absorción de nutrimento y reguladores de crecimiento es mucho más eficiente cuando se incluye en la mezcla los ácidos fúlvicos además de mejorar la traslación de los nutrimentos dentro de la planta.

Los ácidos fúlvicos son más eficientes como potencializadores de aplicaciones foliares que los ácidos húmicos además el PH no afecta la solubilidad de los AF en la solución de aspersión. Los ácidos húmicos tienden a precipitarse en soluciones ácidas (GBM, 1997)

El peso molecular de AF, es de 10,000 moléculas/gramo y el del ácido húmico es de 5000 moléculas/gramo, llegando hasta varios millones (FitzPatrick, 1985). Los ácidos fúlvicos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente

bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

## **2.8. Modo de ingreso**

Los nutrimentos de aplicación foliar pueden penetrar en la superficie de la hoja tanto a través de la cutícula como los estomas, y la importancia relativa de las vías aún se debate. Existe evidencia de que ambas vías pueden tener la misma importancia (Eichert y Goldbach, 2008), esto también depende de algunas propiedades del compuesto en consideración como su solubilidad en agua y de la superficie específica de la hoja.

La penetración de los solutos en la superficie de las hojas es un proceso pasivo impulsado por la diferencia de concentración entre la superficie y el interior de la hoja Marschner (2012).

El transporte de nutrientes desde el sitio de aplicación puede también mejorar bajo condiciones de deficiencia como una consecuencia de gradientes químicos potenciales que favorecen el movimiento de nutrientes desde el sitio de absorción.

En contraste, la suficiencia de un determinado nutriente puede favorecer la absorción foliar al aumentar el crecimiento de nuevos brotes y el tamaño de la canopia mejorando por esta vía la absorción de nutrientes. Si la cantidad de un determinado nutriente mineral en las hojas es extremadamente baja, entonces su habilidad para absorber este nutriente está limitada a causa de cambios irreversibles en sus tejidos (Marschner, 2012).

De acuerdo con la Ley del Mínimo de Liebig, la respuesta del cultivo al mejor suministro de un determinado nutriente es maximizada cuando todos los demás elementos esenciales están presentes en cantidades adecuadas.

En teoría, este tipo de fertilización es más específico, ya que los nutrimentos se entregan directamente a los órganos hundidos y existe un menor riesgo de contaminación ambiental debido, por ejemplo, a la lixiviación de nutrientes.

Las respuestas de las plantas a los elementos suministrados mediante aspersiones foliares son normalmente más rápidas que al tratamiento del suelo. Sin embargo, no se puede lograr una dependencia completa de las aspersiones foliares para satisfacer la demanda de nutrimentos en la producción de plantas comerciales, ya que el rendimiento y la calidad de los cultivos pueden verse afectados negativamente, particularmente en el caso de los macronutrientes (Johnson et al., 2001).

La eficacia de un fertilizante foliar está determinada por muchos factores ambientales, físico-químicos y fisiológicos asociados con la planta y las propiedades de la formulación de aspersión, que actualmente no se comprenden completamente (Fernández y Eichert, 2009).

## **2.9. El Zinc**

El zinc es un microelemento importante para la nutrición y la salud del ser humano (Márquez-Quiroz, 2015) debido a su participación en el metabolismo celular (Hambidge, 2000), además interviene en funciones bioquímicas y hormonales de diferentes sistemas endocrinos (Torres y Bahr, 2004).

Moreiras (2013) indica que en cada 100 gramos de higo comestible hay 0.3 mg de zinc disponible para el ser humano.

### **2.9.1. Zn en el suelo y planta**

La cantidad de zinc presente en el suelo está relacionada con la roca madre. Los suelos que suelen estar más provistos de zinc son los que se derivan de rocas ígneas básicas. Mientras que los suelos sobre rocas madre sedimentarias silíceas suelen estar más pobres en zinc (Millar,1972).

El contenido total de Zn en el suelo este situado entre las 10 ppm y las 300 ppm. El Zn está relacionado con los silicatos primarios, los minerales arcillosos y la materia orgánica (Loué, 1988).

La esencialidad del zinc (Zn) en plantas fue demostrada inicialmente en maíz y posteriormente en cebada y girasol enano. Los primeros reportes de síntomas de deficiencias severas de zinc incluyen elongación defectuosa de ramas en tomate (Sekimoto et al., 1997). Dicha deficiencia incluye reducidas síntesis de proteína y almidón mientras que el contenido de azúcar no se ve afectado. La actividad de algunas enzimas respiratorias, la acumulación de quinonas y cambios en los niveles de proteínas y aminoácidos han sido reportados en deficiencia de Zn (Klein et al., 1962).

En la mayoría de cultivos, la concentración foliar típica de zinc requerida para un adecuado crecimiento está entre 15 a 20 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca (Broadley et al., 2007).

El zinc no forma parte de ningún componente estructural pero sí de varias enzimas como la anhidrasa carbónica, deshidrogenasa láctica, deshidrogenasa alcohólica, aldolasa, deshidrogenasa glutámica, carboxilasa pirúvica y ribonucleasas (Ríos y Corella, 1999). Este metal es un constituyente de numerosas enzimas como anhidrasas, oxidasas y peroxidasas y desempeña un papel importante en regular el metabolismo del nitrógeno, la multiplicación celular, la fotosíntesis y la síntesis de auxinas (Rout y Das, 2003).

Una de las funciones importantes del zinc es la regulación de la expresión de genes al formar parte de factores de transcripción de los cuales varias proteínas han sido implicadas en la regulación de procesos biológicos como desarrollo de la flor, morfogénesis regulada por la luz y respuestas a patógenos (Takatsuji, 1998).

### **2.9.2. Absorción del zinc**

El zinc es absorbido como catión divalente (Zn<sup>2+</sup>), la mayoría de las veces en forma de quelato. Su disponibilidad es mayor a un pH ácido, su deficiencia produce clorosis intervenal y se observa rápidamente en árboles frutales, por lo que se le ha considerado estabilizador en la molécula de clorofila.

La adsorción de zinc se produce sobre todo en los lugares de cambio de los minerales arcillosos y del material orgánico. La intensidad de la adsorción de zinc tiende a aumentar con el incremento de pH, y la movilidad de Zn disminuye por encima de pH 7. La materia

orgánica del suelo forma complejos muy estables con el Zn, y los ácidos húmicos y fulvicos son muy importantes en la adsorción del Zn. Alrededor del 60 por ciento del Zn soluble del suelo se encuentran en forma de complejos orgánicos solubles de Zn. Estos complejos esta sobre todo asociados con los aminoácidos y los ácidos húmicos (Loué, 1988).

La dinámica del zinc en el suelo es similar al cobre o hierro, donde a pH menor de 5 es más disponible, pero las pérdidas por lixiviación aumentan al incrementar su solubilidad. Se encuentra disponible en el suelo a pH de 5 a 6. A pH más alto forma compuestos poco solubles (Marschner, 2002). En suelos alcalinos tiene una movilidad limitada debido a que el carbonato de calcio reacciona con el zinc, lo que reduce su disponibilidad (Fassbender y Bornemisza, 1987).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

El estudio se realizó en el rancho “El Capricho” una huerta dedicada a la producción extensiva de higo, ubicada en el ejido El Transporte, Municipio de Gómez Palacio, Durango.



Figura 1. Lugar del experimento.

### **3.2. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar en el que consistió en establecer un blanco o testigo y tres niveles de aplicación de un compuesto orgánico-mineral a base de zinc. Los niveles de aplicación son cero, dos, cuatro y seis por ciento de zinc, con 20 unidades experimentales por tratamiento.

#### **3.2.1. Tratamientos**

Se evaluarán 3 tratamientos y un blanco que constarán de 20 plantas para realizar cada tratamiento, dando un total de 80 plantas, en los cuales las aplicaciones consistirán en suministrar vía foliar un compuesto orgánico con un fulvato de Zinc para evaluar su comportamiento.

Tratamiento 1: consistirá en una dosis del compuesto orgánico a una concentración del 2%

Tratamiento 2: consistirá en una dosis del compuesto orgánico a una concentración del 4%.

Tratamiento 3: Consistirá en una dosis del compuesto orgánico a una concentración del 6%.

Época de aplicación. El inicio de la aplicación de los tratamientos será en febrero del 2021 después de la poda de invierno hasta el día 15 de octubre de 2021. Las aplicaciones serán realizadas cada 15 días mediante aspersión foliar. Se utilizo una bomba de mano, el volumen de agua utilizada fue de 10 litros por bomba con su respectiva dosis en cada tratamiento, la cual fue aplicada en 20 plantas de higueras. La aplicación fue dirigida al área foliar.



Figura 2. Poda de invierno.



Figura 3. Aplicación foliar del mes de febrero.



Figura 4. Aplicación foliar del mes de marzo.



Figura 5. Aplicación foliar del mes de abril.



Figura 6. Aplicación foliar des del mes de mayo.



Figura 7. Aplicación foliar del mes junio.



Figura 8. aplicación foliar del mes de Julio.

### 3.3. Metodología

Se llevaron a cabo una serie de muestreos foliares los días 12 de marzo, 28 de mayo, 22 de julio, 24 de septiembre y el 22 de octubre del 2021, para su posterior análisis de elementos por el método de absorción atómica vía húmeda. Se tomo una muestra representativa de 20 hojas por tratamiento aplicado, las cuales fueron retiradas de la planta y resguardadas en las instalaciones de la Universidad autónoma agraria Antonio Narro, para su secado y poster análisis.

Los resultados obtenidos fueron analizados por el método DOP (Desviación Óptimo Porcentual) en el cual se determinan excesos y déficit nutrimental de las hojas, 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 formula, 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 hoja, 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.

## **I. RESULTADOS Y DISCUSION.**

De acuerdo con los datos obtenidos en los análisis foliares realizados en *Ficus carica* L. y al método de Desviación Optimo Porcentual (DOP).

**Cuadro 1.- Datos del análisis foliar de *Ficus carica* L.**

		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
12-mar	<b>T1</b>	1.685	0.169	1.623	5.2875	0.3575	211.5	7.09	26.1325	112.3175	87.38
	<b>T2</b>	1.545	0.16175	1.65	5.3225	0.345	284.36	8.1975	31.525	95.0125	78.935
	<b>T3</b>	1.7625	0.146	1.8175	3.4175	0.3475	330.105	8.4875	37.135	117.8225	114.275
	<b>T4</b>	1.7425	0.14025	0.9575	3.28	0.375	218.12	60.5525	28.1675	85.885	62.9875
28-may	<b>T1</b>	1.82	0.176	1.814	3.11	0.36	207.5	5.63	20.33	95.47	87.46
	<b>T2</b>	1.79	0.17	1.82	3.37	0.33	257.48	7.91	27.15	80.75	72.46
	<b>T3</b>	1.84	0.15	1.9	3.45	0.35	279.64	8.63	32.28	114.83	125.27
	<b>T4</b>	1.84	0.14	0.82	3.04	0.3	172.16	76.56	21.89	75.84	56.46
22-jul	<b>T1</b>	1.55	0.162	1.432	7.465	0.355	215.5	8.55	31.935	129.165	87.3
	<b>T2</b>	1.545	0.1535	1.48	7.275	0.36	311.24	8.485	35.9	109.275	85.41
	<b>T3</b>	1.685	0.142	1.735	3.385	0.345	380.57	8.345	41.99	120.815	103.28
	<b>T4</b>	1.645	0.1405	1.095	3.52	0.45	264.08	44.545	34.445	95.93	69.515
24-sep	<b>T1</b>	1.28	0.148	1.05	11.82	0.35	223.5	11.47	43.54	162.86	87.14
	<b>T2</b>	1.3	0.137	1.14	11.18	0.39	365	9.06	44.65	137.8	98.36
	<b>T3</b>	1.53	0.134	1.57	3.32	0.34	481.5	8.06	51.7	126.8	81.29
	<b>T4</b>	1.45	0.141	1.37	4	0.6	356	12.53	47	116.02	82.57
22-oct	<b>T1</b>	1.415	0.155	1.241	9.6425	0.3525	219.5	10.01	37.7375	146.0125	87.22
	<b>T2</b>	1.4225	0.14525	1.31	9.2275	0.375	338.12	8.7725	40.275	123.5375	91.885
	<b>T3</b>	1.6075	0.138	1.6525	3.3525	0.3425	431.035	8.2025	46.845	123.8075	92.285
	<b>T4</b>	1.5475	0.14075	1.2325	3.76	0.525	310.04	28.5375	40.7225	105.975	76.0425

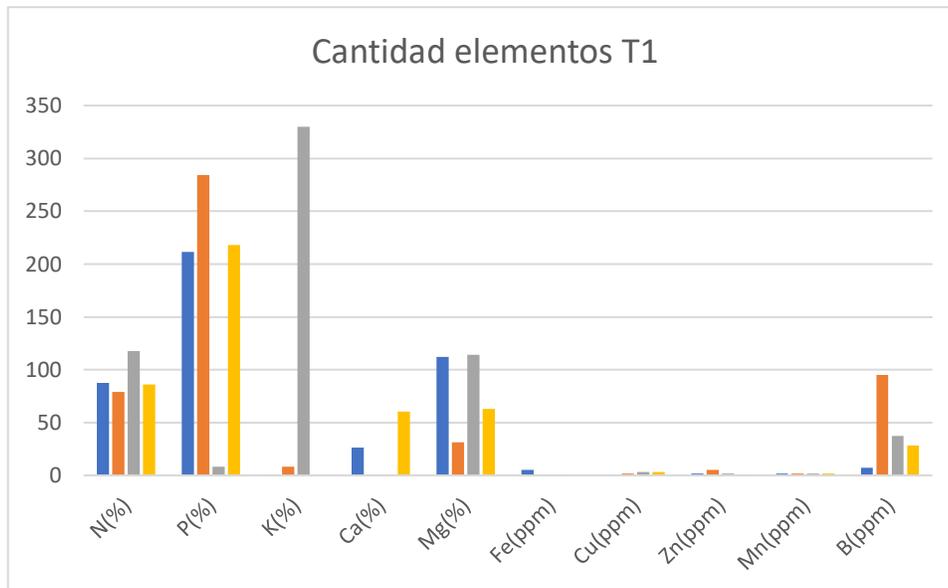


Figura 9. Datos de elementos tratamiento 1 (T1).

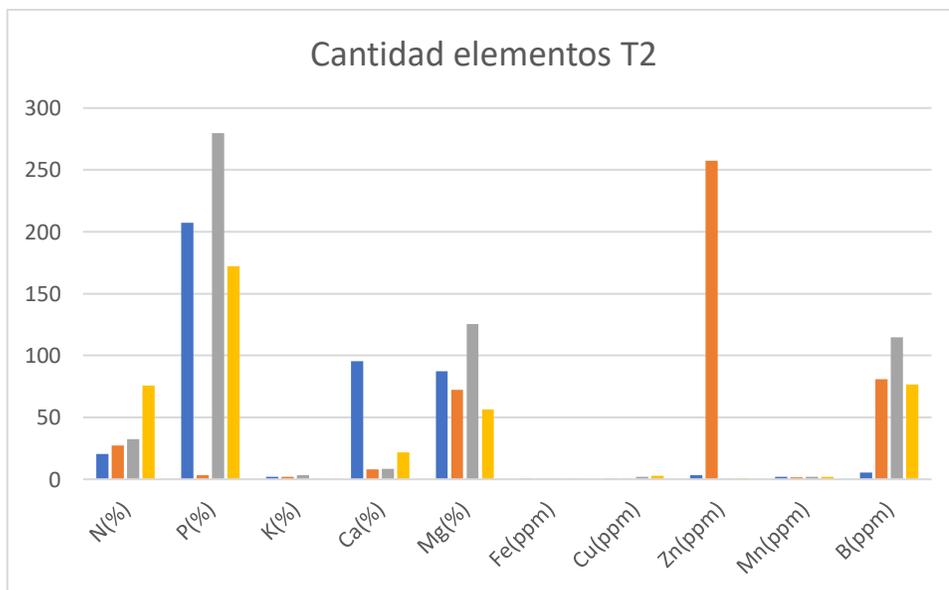


Figura10. Datos de elementos tratamiento 2 (T2).

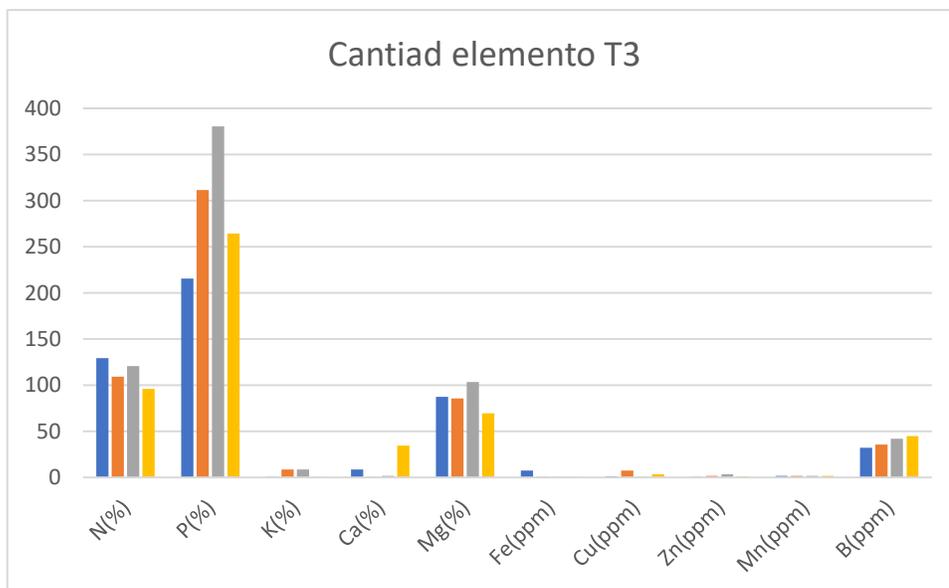


Figura 11. Datos de elementos tratamiento 3 (T3)

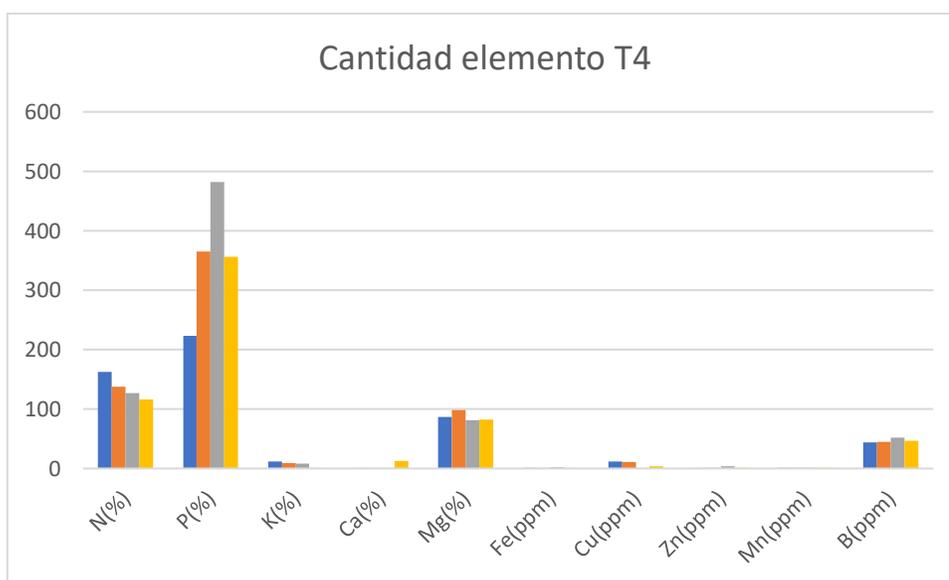


Figura 12. Datos de elementos tratamiento 4 (T4).

**Cuadro 2. Orden de limitación de los elementos obtenidos mediante el método de Desviación Óptimo Porcentual en *Ficus carica* L.**

<b>DOP</b>		
12-mar	<b>T1</b>	Mn>Fe>Cu>Zn>Ca>P>K>Mg>B>N
	<b>T2</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>Ca>K>P>B>N>Mg
	<b>T3</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg
	<b>T4</b>	Cu>Mn>Fe>Zn>P>Ca>K>N>B>Mg
28-may	<b>T1</b>	Mn>Fe>K>P>Cu>Zn>Ca>N>B>Mg
	<b>T2</b>	Mn>Fe>Cu>K>Zn>P>Ca>N>B>Mg
	<b>T3</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>B>Ca>N>Mg
	<b>T4</b>	Cu>Mn>Fe>Zn>P>Ca>N>K>B>Mg
22-jul	<b>T1</b>	Mn>Ca>Zn>Cu>Fe>P>K>B>N>Mg
	<b>T2</b>	Mn>Fe>Ca>Zn>Cu>P>K>B>N>Mg
	<b>T3</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>B>Ca>N>Mg
	<b>T4</b>	Cu>Mn>Fe>Zn>P>Ca>K>N>B>Mg
24-sep	<b>T1</b>	Mn>Ca>Zn>Cu>Fe>P>K>B>N>Mg
	<b>T2</b>	Mn>Ca>Fe>Zn>Cu>P>K>B>N>Mg
	<b>T3</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg
	<b>T4</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>P>K>Ca>B>Mg>N
22-oct	<b>T1</b>	Mn>Ca>Zn>Cu>Fe>P>K>B>N>Mg
	<b>T2</b>	Mn>Ca>Fe>Zn>Cu>P>K>B>N>Mg
	<b>T3</b>	Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg
	<b>T4</b>	Cu>Mn>Fe>Zn>P>Ca>K>N>B>Mg

La presencia del elemento zinc en la posición obtenida al emplear el método DOP, dan como resultado una relación de los elementos zinc (Zn) y cobre (Cu), Lo anterior se puede atribuir al llamado "efecto de dilución", es decir, que algunos elementos se concentran en mayor cantidad cuando hay menor contenido materia seca (como en el caso de plantas establecidas bajo deficiencia de N, P y K, mientras que las plantas con mayor crecimiento tendrán minerales mejor distribuidos y en menor concentración. Este efecto es ampliamente descrito por Mengel y Kirkby (2001).

Por otra parte Prasad et al., ( 2016) menciona que las concentraciones de calcio pueden disminuir lo cual se puede deber al efecto antagonista que hay entre el calcio y el zinc.

#### Nitrógeno (N)

Al emplear el método DOP se pudo constatar valores del elemento nitrógeno por debajo a los obtenidos por (Benou, 2020), quien registró una concentración entre la etapa de floración y postcosecha que osciló entre 25 y 19 g kg<sup>-1</sup>, 26 y 22 g kg<sup>-1</sup>, 25 y 18 g kg<sup>-1</sup>.

#### Fosforo (P)

En el presente trabajo se obtuvo valores superiores respecto al contenido de fosforo en hojas de higuera entre la etapa de floración y postcosecha, respecto a los valores mostrados por

Benou, 2020) cuyo elemento osciló entre 1,3 y 1,1 g kg<sup>-1</sup>, 1,4 y 1,1 g kg<sup>-1</sup> y 1,2 y 0,9 g kg<sup>-1</sup>.

Potasio (K).

La concentración del elemento potasio del presente estudio mostraron concentraciones superiores a las de Benou (2020), así mismo se registraron concentraciones superiores a las de J. N Bougiouklis et al., (2020) quien registro concentraciones de 20.2, 14.1, 8.9 y 7.0 g kg<sup>-1</sup> para las etapas de floración, desarrollo del fruto, madurez del fruto y postcosecha.

Calcio (Ca).

Las concentraciones del calcio en el presente estudio mostraron valores superiores en sus etapas en comparación a lo establecido por de Benou (2020) cuyos valor osciló entre 20 y 29 g kg<sup>-1</sup>, J.N Bougiouklis et al., (2020) obtuvo valores de 30.7, 38.0, 51.8 y 57.2 g kg<sup>-1</sup>. las etapas de floración, desarrollo del fruto, madurez del fruto y postcosecha, resultados superiores a los del presente estudio.

Magnesio (Mg).

En los resultados obtenidos del empleo del DOP, en la interpretación de los valores nutrimentales se corrobora que el micronutriente con mayor deficiencia a el elemento del magnesio ya que presenta deficiencias en todas sus etapas.

Fierro (Fe).

Las concentraciones de elemento hierro del presente estudio mostraron concentraciones inferiores a los resultados de J. N Bougiouklis et al., (2020), cuyos valores fueron 207, 164, 166, 112 mg kg<sup>-1</sup> las etapas de floración, desarrollo del fruto, madurez del fruto y poscosecha, respectivamente, así como a los valores de floración y poscosecha osciló entre 147 y 107 mg kg<sup>-1</sup> (PS), 155 y 77 mg kg<sup>-1</sup> (PS) y 126 y 84 mg kg<sup>-1</sup> (PS) de (Benou, 2020).

#### Cobre (Cu).

La concentración foliar del elemento del cobre fue superior a los valores de (Benou, 2020) y (J. N Bougiouklis et al., 2020), lo que indica que los valores superiores a 6 mg kg<sup>-1</sup>, lo que se considera adecuado para la mayoría de las especies de árboles (Jones, 1998).

#### Zinc (Zn).

Las concentraciones foliares de zn en *Ficus carica* L. en sus etapas de floración, desarrollo del fruto, madurez del fruto y postcosecha mostraron concentraciones mayores a las de (Benou, 2020) quien presentó en estas etapas oscilaciones entre 35 a 42, 38 a 41 y 44 a 48 mg kg<sup>-1</sup>, así mismo el presente estudio mostró valores superiores a los registradas por Brown (1994), quien propuso valores de Zn (10 a 14 mg kg<sup>-1</sup>) en la etapa de desarrollo del fruto.

#### Manganeso (Mn).

En los resultados del elemento manganeso (Mn), se obtuvieron valores superiores a los de (Benou, 2020), cuyos valores entre la floración y la postcosecha osciló entre 52 y 61, 66 y

52, 66 y 98 mg kg<sup>-1</sup>, por otra parte los valores fueron inferiores a los de J. N Bougiouklis et al., (2020), cuyos resultados fueron 91, 87, 65 y 108 mg kg<sup>-1</sup> para las etapas de floración, desarrollo del fruto, madurez del fruto y postcosecha, respectivamente.

Boro (B).

En los resultados arrojados en la aplicación del DOP, posicionaron al boro (B), como microelemento con mayor deficiencia durante sus etapas.

## II. CONCLUSIÓN

Acorde a los resultados obtenidos en el presente durante el proyecto podemos concluir que la aplicación de un fulvato de zinc (FZn), a una concentración del cuatro por ciento correspondientes al tratamiento (T3), son asimiladas mayormente y traslocadas por la planta de higuera; ya que los resultados de los muestreos arrojaron concentraciones mayores a los diferentes valores establecidos por diversos autores cuyos datos son considerados óptimos en el desarrollo de *F. carica* L., por lo que podemos decir el tratamiento aplicado ayudo a biofortificar eficiente mente a *F. carica* L.

Como resultado del método de Desviación Óptimo Porcentual (DOP), dan como orden de limitación a los elementos del tratamiento tres (T3); 12 de marzo Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg, 28 de mayo Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>B>Ca>N>Mg, 22

de julio Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>B>Ca>N>Mg, 24 de septiembre Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg, y 22 de octubre Mn>Fe>Zn>Cu>K>P>Ca>B>N>Mg; donde podemos observar que el zinc se posiciona tercer posición en las todas sus etapas de los meses de mayo, julio, septiembre y octubre., lo que significa que este está disponible durante todo el ciclo la planta.

## BIBLIOGRAFIAS

Aljane, F., I. Toumi, and A. Ferchichi. 2007. HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *African Journal of Biotechnology* 6 (5):599–602.

Benou, K.G., Ioannou, D.I., Moustakas, N.K. 2020. Seasonal variations in leaf nutrient concentrations in three fig (*Ficus carica* L.) varieties. *Journal of Elementology*. 25 (4): pp. 1563-1579.

Broadley, M.R, P.J. White, J.P. Hammond, I. Zelko y A. Lux. 2007. Zinc in plants. *New Phytologist* 173, 677-702.

Brown, P. H. 1994. Seasonal variations in fig (*Ficus carica* L.) leaf nutrient concentrations. *HortSci*. 29(8):871-873.

Canellas LP, Olivares FL. P h y s i o l o g i c a l r e s p o n s e s to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2014;1(1):3. doi:10.1186/2196-5641-1-3

Cooper, L. y Abi-Ghanem, R. 2017. El valor de las sustancias húmicas en el ciclo de la vida del carbón de los cultivos: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y más. Revista AgroPages. p. 1-8.

Conabio, 2018. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/50-morac5m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/50-morac5m.pdf).

Christl, I., Knicker, H., Kogel, I. y Kretzschmar, R. 2000. Chemical heterogeneity of humic substances: Characterization of size fractions obtained by hollow-fibre ultrafiltration. *European Journal of Soil Science*. 51 (4); pp. 617-25.

du Jardin P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 2015;196:3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021

El-Shazly, S. M., Mustafa, N. S., and El-- Berry, I. M. (2014). Evaluation of Some Fig Cultivars Grown under Water Stress Conditions in Newly Reclaimed Soils. *Middle East Journal of Scientific Research*, 21(8), 11671179.

FAO. Food and Agricultural Organization. (2018). FAOSTAT. Estadísticas de producción de higo. [http://faostat3.fao.org/browse /Q/QC/E](http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E) (Fecha de consulta: septiembre de 2021).

Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José.

Fernández, V .; Brown, P. 2013. De la superficie de la planta al metabolismo de la planta: el destino incierto de los nutrientes de aplicación foliar. *Front Plant Sci* , 4: 289.

FitzPatrick E. A., 1985. Suelos su Formación, Clasificación y Distribución. Compañía Editorial Continental, S. A. de c. V. México, D. F. Pp 430.

Fujitake N, Yanagi Y. Relation between biostability and chemical properties of soil humic substances. *Geochimica et Cosmochimica Acta Supplement*. 2003;67(18):112

García, A. J. 1992. Evaluación de Ácidos Húmicos a Diferentes Dosis en el Desarrollo del Cultivo de la Papa, en la Región de Galeana, N. L. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.

Graber ER, Rudich Y. Atmospheric HULIS: how humic-like are they? A comprehensive and critical review. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2006;6(3):729–53. doi:10.5194/acp-6-729-2006

Hambidge, M. 2000. Human Zinc deficiency. *J Nutr*. 130: 1344S-1349S.

Irget, M. E., U. Aksoy, B. Okur, A. R. Ongun, and M. Tepecik. 2008. Effect of calcium based fertilization on dried fig (*Ficus carica* L. Cv. Sarılop) yield and quality. *Scientia Horticulturae* 118 (4):308–13. doi: [10.1016/j.scienta.2008.06.024](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.06.024).

J.N. Bougiouklis, Z. Karachaliou, J. Tsakos, P. Kalkanis, A. Michalakos and N. Moustakas. Seasonal variation of macro- and micro- nutrients in leaves of fig (*Ficus carica* L.) under Mediterranean conditions. *Agronomy Research* 18(4), 2328–2339, 2020 <https://doi.org/10.15159/AR.20.201>.

Jones, C., K. Olson-Rutz, y C. Dinkins, P. 2009. Nutrient uptake timing by crops: To assist with fertilizer timing. Montana State University, Extension:1-7.

Jones, B.J. Jr., 1998. *Plant Nutrition Manual*. CRC press, Boca Raton, FL., USA, 149 pp.

Kuwatsuka, S.; K. Tsutsuki and K. Kumada. 1978. Chemical studies on soil humic acids I. Elementary composition of humic acids. *Ibid.* 24: 337 – 347.

Klein, R.M., E.M. Caputo y B.A. Witterholt. 1962. The role of zinc in the growth of plant tissue cultures. *Amer. J. Bot.* 49(4), 323-327.

Labrador M. J. 2001. *La Materia Orgánica en los Agroecosistemas*. Madrid, España. 293 p.

Loué André. 1988. *Los micros elementos en la agricultura*. Ed. Mundi – prensa.

Macías, R. M., Velásquez, V. M. A., Villa, C. M. M., Rivera, G. M. and Muñoz, V. A. 2014. Evaluación experimental en higuera para implementar poda inicial en altas densidades de plantación con macrotunel en la región lagunera. *AGROFAZ* 14:33–38.

Márquez-Quiroz, C., Guillén-Molina, M., Cruz-Lázaro, E., Castañón-Nájera, G., Sánchez-Chávez, E., Moreno-Reséndez, A. y López-Espinoza, S.T. 2015. La biofortificación de cultivos: Una alternativa que contribuye a la seguridad alimentaria. México. pp. 14-23

Marschner, P. (2012) *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, 3th ed. Academic Press, San Diego, USA. 651 pp.74.

Mengel, K.; Kirkby, E.A.; Kosegarten, H.; Appel, T. *Principles of Plant Nutrition*, 5th ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2001.

Meléndez, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y la Materia Orgánica del Suelo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Millar, C.E. 1972, *Fundamento de la ciencia del suelo*. Editorial continental. México D.F. Pg. 62.

Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera L. 2013. Cuadrado C. «Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas». Ediciones Pirámide. 16ª edición.

Nardi S, Pizzeghello D, Schiavon M, Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*. 2016;73(1):18–23.

Navarro, B.S. y Navarro, G.G. 2003. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Grupo Mundi-Prensa México. 2a Edición. pp 375- 383.

Nebbioso A, Piccolo A. 2012 *Advances in humeomics: Enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid*. *Analytica Chimica Acta*. pp 77–90.

O'Donnell, R.W. 1973 The Auxin – Like Effects of Humic Preparation from Leonardite. *Soil Science*. 116(2): 106 – 112.

Piccolo A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy*. pp. 57–134.

Reyes-Pérez, J.J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A.E., Carballo-Méndez, F.J., Lucero-Vega, G. y Ruíz- Espinoza, F. 2021. Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. Vol. 39. 13 p.

Rivero, C., Senesi, N., & Dorazio, V. 2004. Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del lago de Valencia. *Agronomía Trop*. 54 (2): pp. 133-144

Ríos, R. y F. Corella. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. pp. 277-290. *Memorias XI Congreso Nacional Agronómico/III Congreso Nacional de Suelos*, San José de Costa Rica.

Stevenson, F. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*, 2a ed. John Wiley & Sons, New York, U. S. A. 495 p.

Rout, G.R. y P. Das. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie* 23, 3-11.

Sadia, H., M. Ahmad, S. Sultana, A. Z. Abdullah, L. K. Teong, M. Zafar, and A. Bano. 2014. Nutrient and mineral assessment of edible wild fig and mulberry fruits. *Fruits*. 69 (2):159–66. doi: [10.1051/fruits/2014006](https://doi.org/10.1051/fruits/2014006).

Sekimoto, H., M. Hoshi., T. Nomura y T. Yokota. 1997. Zinc deficiency affects the levels of endogenous gibberellins in *Zea mays* L. *Plant Cell Physiol*. 38(9), 1087-1090.

Servicio de Investigación Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)

Soberanes P., A., G. Calderón Z., A. López J. y H.E. Alvarado R. 2020. Biorreguladores para la producción de higo bajo condiciones de invernadero. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 43. No. 1. pp. 61-69.

Solomon, A., S. Golubowicz, Z. Yablowicz, S. Grossman, M. Bergman, H. E. Gottlieb, A. Altman, Z. Kerem, and M. A. Flaishman. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 54 (20):7717–23. doi: [10.1021/jf060497h](https://doi.org/10.1021/jf060497h).

Steinberg CE, Paul A, Pflugmacher S, Meinelt T, Klöcking R, Wiegand C. Pure humic substances have the potential to act as xenobiotic chemicals-A review. Fresenius Environmental Bulletin. 2003;12(5):391–401.

Takatsuji, H. 1998. Zinc-finger transcription factors in plants. Cell Mol. Life Sci. 54, 582-596.

Tan KH. Colloidal chemistry of organic soil constituents. In: Tan KH, editor. Principles of Soil Chemistry, Marcel Dekker, New York. Third Edition. Marcel Dekker, New York: CRC Press; 1998. p. 177–258.

Torres, A.R. y Bahr, V.P. 2004. El zinc: La chispa de la vida. Rev. Cubana Pediatra. 76 p.

Tlatempa M. L. 2001. Efecto de Nitrógeno (N-NO<sub>3</sub>: urea) y Ácidos Húmicos sobre Tomate de Cascara (*Physalis Ixocarpa Brot*) en Hidroponía. Tesis de Licenciatura del Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México. 74 p.

Veobides A., H., Guridi I., F. y Vázquez P., V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba. 39 (4): pp 102-109.

