

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



Aplicación de zinc foliar en la nutrición orgánico- mineral en *Ficus carica* L.

Por:

**LIZETH ESMERALDA CARREÓN AVILA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre, 2021

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Aplicación de zinc foliar en la nutrición orgánico- mineral en *Ficus carica* L.

Por:

**LIZETH ESMERALDA CARREÓN AVILA**

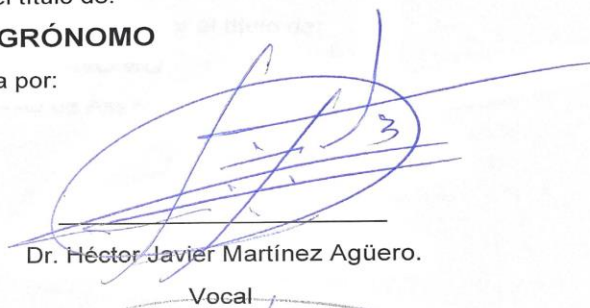
TESIS

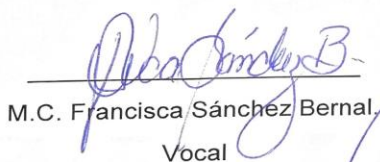
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO**

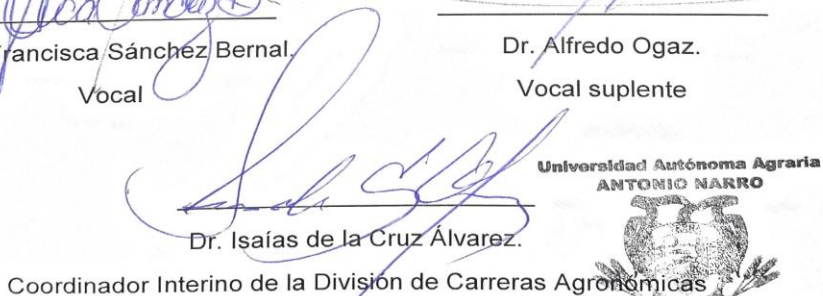
Aprobada por:

  
Dr. Rubén López Salazar.  
Presidente

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero.  
Vocal

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal.  
Vocal

  
Dr. Alfredo Ogaz.  
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 AGRONÓMICAS**

Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Aplicación de zinc foliar en la nutrición orgánico- mineral en *Ficus carica* L.

Por:

LIZETH ESMERALDA CARREÓN AVILA

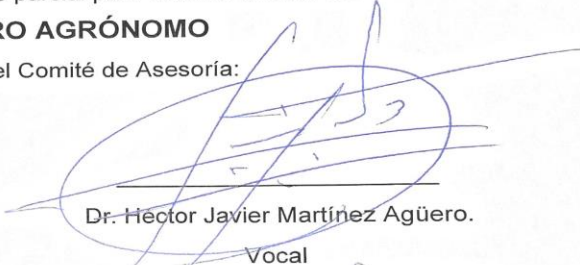
TESIS

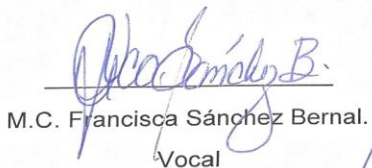
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

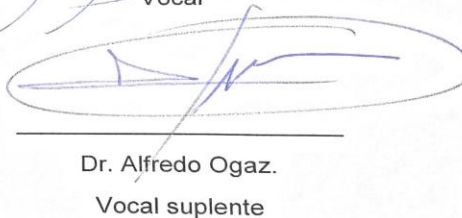
**INGENIERO AGRÓNOMO**

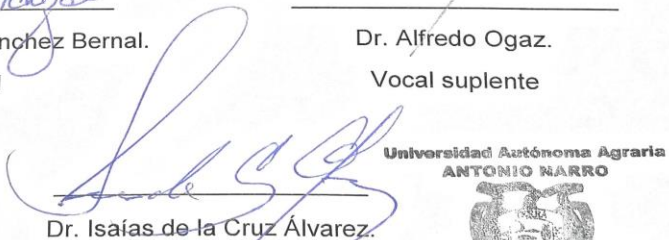
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Rubén López Salazar.  
Presidente

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero.  
Vocal

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal.  
Vocal

  
Dr. Alfredo Ogaz.  
Vocal suplente

  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez.

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2021

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

## AGRADECIMIENTOS

A **mis padres** Reyna Avila Tovar y Juan Luis Carreón García por ser mis guías de vida, por su amor, apoyo, ánimo y confianza incondicional.

### A **mis hermanos**

Ing. Reyna Yarely y Luis Yuren por su amor, apoyo y todas las aventuras juntos.

A **mis abuelos** Antonia Tovar Lara (†) y Horacio Avila Rendón (†), Cipriana García López y Juan Carreón González (†) por llenarme de inspiración, compartir su sabiduría y cuidarme.

A **mis tíos abuelos** Ma. Elena Tovar y Eleuterio Hernández por ser como mis abuelos, darme apoyo y ánimo en todo momento.

A **mis tíos (as) y primos (as)** por su cariño, aventuras y apoyo.

A **mi Alma Mater** por la oportunidad de formarme profesionalmente en sus instalaciones.

A **mi asesor** el Dr. Rubén López Salazar por su paciencia, compartir sus conocimientos y experiencias.

A **mis profesores** por su compromiso y dedicación en nuestra educación

A **mis compañeros** de la generación 2017-2021 de la carrera de Ingeniero Agrónomo por su compañía y los buenos ratos.

A **mis compañeros tesistas y de servicio social** por ayudarnos durante las aplicaciones y muestreos de este proyecto.

A **mi amigo** Martín Solís por su amistad y cariño durante todos estos años.

## DEDICATORIA

A **mis padres** Reyna Avila y Luis Carreón por su amor, felicidad y confianza durante toda mi vida.

A **mis hermanos** Ing. Reyna Yarely y Luis Yuren por amarme, animarme y ser felices conmigo.

A **mis abuelos** Antonia Tovar (†), Horacio Avila (†), Cipriana García y Juan Carreón (†) por cuidarme e inspirarme.

A **mis tíos (as)** por ser como mis hermanos, por darme aliento y ánimo

A **mi sobrina Aly Regina** Gómez Carreón (†) por ser mi inspiración en cada paso que doy.

A **mis primos y sobrinos** por compartir felicidad y alegría conmigo.

A **toda mi familia** por sus consejos, apoyo y ánimo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar el efecto de aplicaciones foliares de zinc en higuera (*Ficus carica* L.) mediante la biofortificación. El experimento se llevó a cabo en el rancho “El Capricho” en el ejido Transporte del municipio de Gómez Palacio, Durango; 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 tres diferentes niveles de aplicación, T2 (zinc 2%), T3 (zinc 4%) y T4 (zinc 6%) con 10 unidades experimentales por tratamiento, las aplicaciones se realizaron cada 15 días a partir del 16 de enero hasta el 15 de octubre del 2021; los muestreos foliares se realizaron los días 05 de marzo, 22 de mayo, 21 de julio, 24 de septiembre y 20 de octubre del mismo año, que consistieron en tomar 20 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 (NPK) se encontraron en cantidades deficientes y los micronutrientes en cantidades mayores a las óptimas consideradas; en cuanto al zinc se pudo concluir que las aplicaciones al 4%, es decir, el tratamiento tres fueron mejor asimiladas por el frutal, ya que a pesar de las fluctuaciones del nutriente durante las etapas del cultivo no se reflejó deficiencia del elemento en los análisis realizados.

**Palabras clave:** Higo, zinc, Biofortificación, Nutrición, Ácidos húmicos.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Objetivo general</b> .....	3
<b>1.2 Objetivo específico</b> .....	3
<b>1.3 Hipótesis</b> .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1 Importancia económica del cultivo</b> .....	4
<b>2.2 Fruto</b> .....	5
<b>2.3 Usos de la hoja</b> .....	6
<b>2.3.1 Gastronomía</b> .....	7
<b>2.3.2 Forraje</b> .....	7
<b>2.3.3 Medicinal</b> .....	8
<b>2.4 Fertilización foliar</b> .....	8
<b>2.5 Sustancias húmicas</b> .....	10
<b>2.6.1 Ácidos húmicos</b> .....	12
<b>2.6.2 Estructura química de los ácidos húmicos</b> .....	13
<b>2.7 Zinc</b> .....	13
<b>2.7.1 Zinc en plantas</b> .....	14
<b>2.7.2 Absorción de zinc</b> .....	14
<b>2.8 Nutrición en la hoja</b> .....	15

2.9 Nutrición mineral .....	16
2.10 Biofortificación de plantas .....	16
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 Localización del experimento .....	18
3.2 Diseño experimental .....	18
3.3 Metodología .....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>38</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Datos del análisis foliar de <i>Ficus carica</i> L. ....	24
Cuadro 2.- Orden de limitación de elementos por el método de Desviación Optimo Porcentual de <i>Ficus carica</i> L. ....	25
Cuadro 3.- Resultados de nitrógeno (N) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP)..	26
Cuadro 4.- Resultados de fósforo (P) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). ....	27
Cuadro 5.- Resultados de potasio (K) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).....	28
Cuadro 6.- Resultados de boro (B) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). ....	29
Cuadro 7.- Resultados de magnesio (Mg) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). .....	30
Cuadro 8.- Resultados de calcio (Ca) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). ....	31
Cuadro 9.- Resultados de manganeso (Mn) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). .....	32
Cuadro 10.- Resultados de hierro (Fe) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). ....	33
Cuadro 11.- Resultados de cobre (Cu) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).....	34
Cuadro 12.- Resultados de zinc (Zn) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP). ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Poda en el mes de enero. ....	19
Figura 2.- Aplicación foliar de zinc en el mes de febrero.....	19
Figura 3.- Aplicación foliar de zinc en el mes de abril. ....	20
Figura 4.- Aplicación foliar de zinc en el mes de mayo ..... 20	20
Figura 5.- Aplicación foliar de zinc en el mes de septiembre.....	21
Figura 6.- Aplicación foliar de zinc en el mes de octubre. ....	21
Figura 7.- Muestra foliar en el mes de octubre. ....	22
Figura 8.- Datos del análisis foliar de nitrógeno (N). ....	26
Figura 9.- Datos del análisis foliar de fósforo (P).....	27
Figura 10.- Datos del análisis foliar de potasio (K).....	28
Figura 11.- Datos del análisis foliar de boro (B). ....	29
Figura 12.- Datos del análisis foliar de magnesio (Mg).....	30
Figura 13.- Datos del análisis foliar de calcio (Ca). ....	31
Figura 14.- Datos del análisis foliar de manganeso (Mn).....	32
Figura 15.- Datos del análisis foliar de hierro (Fe).....	33
Figura 16.- Datos del análisis foliar de cobre (Cu).....	34
Figura 17.- Datos del análisis foliar de zinc (Zn). ....	35

## I. INTRODUCCIÓN

*Ficus carica* L. es una especie de origen mediterránea de la familia Moraceae; Turquía es el país con mayor producción en el mundo con 306,499 toneladas en 2018 según datos publicados por FAOSTAT 2019. En la actualidad, México cuenta con una superficie de producción de 1,456 hectáreas, siendo el estado de Morelos el principal productor del país. 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.

Este cultivo ha tenido un alto impacto en la dieta actual del ser humano, especialmente en los países como Estados Unidos, Canadá y China por su alto contenido nutrimental en vitaminas, minerales, carbohidratos, proteínas y fibra dietética, además de ser un fruto dulce, puede consumirse en fresco, seco e industrializarse en mermeladas, dulces, helados, etcétera.

La hoja de higuera es usada tradicionalmente como infusión o té para regular la diabetes, aliviar problemas con el sistema respiratorio y otras enfermedades, además de ser usada en la gastronomía mexicana, alimento para ganado y recientemente como nematocida.

El balance de nutrientes en las plantas es esencial para su desarrollo y producción, por lo que la fertilización foliar es importante en el suministro de micronutrientes que pueden estar escasos en las plantas, ya que resultan eficaces debido al abastecimiento de nutrientes directo a las hojas, existiendo una absorción y asimilación rápida.

Las sustancias húmicas son reconocidas por su acción bioestimulante, puesto que contienen hormonas y aminoácidos en su formulación, sus aplicaciones en frutales va en aumento día a día.

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**

Evaluar el efecto de un compuesto a base de zinc en la biofortificación de la hoja de *Ficus carica* L.

### **1.2 Objetivo específico**

La aplicación de zinc de manera foliar influye en la nutrición orgánico-mineral de *Ficus carica* L.

### **1.3 Hipótesis**

La aplicación foliar del compuesto orgánico-mineral a base de zinc tiene un efecto positivo en la biofortificación de la hoja de *Ficus carica* L.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia económica del cultivo

Los registros en 2019 de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), indican que la producción de higo (*Ficus carica* L.) obtenida a nivel mundial fue de 1, 315,588 toneladas, con un total de 289,818 hectáreas de superficie cosechada. Turquía es el país líder en producción y comercio tanto de higo fresco como seco (Akosys 2017) con 310,000 toneladas, le sigue Egipto con 225,295 toneladas y Marruecos con 153,472 toneladas, datos registrados por la FAO en 2019.

En México el cultivo de esta especie ha ido en aumento siendo una alternativa eficazmente económica para el sector rural (Macías et al., 2014). El estado de Morelos es el principal productor de higo (SADER 2019), 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). Actualmente México cuenta con una superficie de producción de 1,456 hectáreas, el precio aproximado por tonelada en el mercado nacional es de \$9,281.00 pesos y en el mercado de exportación llega hasta \$23,000.00 (SIAP 2016).

Aunque la importancia de la higuera se enfoca mayormente en su fruto, sus hojas han sido usadas en la medicina tradicional como infusiones, hoy en día se hacen ensayos médicos en animales para futuras aplicaciones en humanos; en la cocina mexicana se usan por su aroma; en la rama pecuaria como fuente nutrimental para animales; sus ramas son usadas contra la hidropesía y el látex que exuda de sus ramas es usado para sazonar, ablandar carne y cuajar leche, eliminar verrugas en la piel y en la aplicación veterinaria (Flores, 1989).

La Región Laguna de Durango tiene 22 ha de producción bien establecidas y tecnificadas, las cuales están protegidas por cubiertas plásticas para evitar los daños por bajas temperaturas (Márquez G. et al, 2019), además esta elección aumenta considerablemente los niveles de producción de fruta (Mendoza C., et al 2016).

## **2.2 Fruto**

Es una infrutescencia formada por aquenios que son frutos secos, su forma es oval y blanda, cuando se cosecha exuda látex que puede irritar la piel, por lo que se debe evitar su contacto. Su sabor es dulce (Lobos, 2017), su piel delgada puede tener diferentes tonalidades dependiendo de la variedad como negro, morado, rosa, amarillo o verde (Sarkhosh y Andersen, 2019). El higo es una fruta que se consume junto con sus semillas que se encuentran en su pulpa gelatinosa, con o sin su piel, por lo que se considera que sus semillas contribuyen considerablemente en su nutrición y composición (Nakilcioğlu Taş, 2018)

La higuera da dos tipos de frutos durante el año, la breva y los higos. La breva es el brote que al iniciar el invierno entra en reposo por falta de temperatura (Lobos 2017) y termina su desarrollo al siguiente año (Soberanes-Pérez, 2020), generalmente su llenado se lleva a cabo sin fertilización alguna (Matt, 2018) y su cosecha es durante el verano (Nievas, 2021).

El higo crece en las axilas de las hojas, se desarrolla en las ramas del mismo año (Soberanes-Pérez, 2020), se cosechan durante el verano y el otoño (Nievas, 2021) y la polinización del fruto es realizada por una avispa de la familia Agaonidae (Serrato, 2012).

Este fruto ha sido consumido por siglos debido a sus propiedades antioxidantes, antivirales del herpes simple, hipoglucemiante, antidiabético, antihiperlipidémico, hepatoprotector,

inmunosensibles (Nadeem & Zeb 2018, Rodríguez-Solana et al. 2018), antiinflamatorias, diuréticas, digestivas, analgésicas, etcétera., por lo que pueden aliviar el estreñimiento, dolor de garganta, (Duke, 2002), prevenir infecciones como bronquitis, catarrros y exceso de mucosidad; el fruto cocido se utiliza para calmar inflamaciones bucales y anginas (Mendoza Bustamante et al., 2012); posee más de 59 metabolitos, a los que se les atribuye el control de la diabetes, colesterol en la sangre y pérdida de peso (Ren et al., 2000), entre otros malestares, padecimientos y enfermedades (Caliskan, 2015).

Las características del higo que son de interés para los consumidores son la calidad de la pulpa y su sabor dulce (Khadivi 2018); pueden consumirse en fresco o industrializarse de diversas formas (Barboza, 2008), por ejemplo, en almíbar, mermelada, enlatado comercial, pasta, etcétera. Sin embargo, el higo deshidratado es en realidad una industria de importancia, ya que es probablemente más vendido que en fresco debido a que presenta un mayor periodo de vida útil (Solomon et al., 2006), aproximadamente entre siete y diez días (Veberic, et al., 2008). Los higos maduros son excelentes para su transformación en jugos de frutas y té (Lim K. 2016).

Las frutas de *F. carica* L. contienen carbohidratos, aminoácidos, minerales, vitaminas, bajas cantidades de lípidos, fitosterol, ácidos orgánicos y polifenoles (Nadeem & Zeb 2018), además son una excelente fuente de compuestos fenólicos, (Nakilcioğlu Taş, E. y Semih, Ö, 2021), en comparación del vino tinto y el té. (Shukranul et al., 2013).

### **2.3 Usos de la hoja**

Las hojas de *Ficus carica* L. son alternas, láminas con márgenes enteros, pecioladas que envuelven las yemas y dejan cicatrices alrededor del tallo (Ibarra-Manríquez, 2012), pueden medir veinte



centímetros de longitud en huertas a cielo abierto y hasta cuarenta centímetros en cultivos de invernadero (Flores, 1989); las cuales tienen diferentes usos y beneficios debido a sus propiedades antidiabéticas, vermífuga y dermal en seres humanos y fototoxicidad en animales (Isa, 2020) por lo que sirven como alternativa de forraje para ganado; en algunos estados de la República Mexicana, son usadas dentro de su gastronomía, tanto las hojas como sus extractos tienen propiedades medicinales; el extracto de sus hojas también puede ser usado como nematocida (Lui, F., 2011)

### **2.3.1 Gastronomía**

En los estados de Tabasco y Chiapas se emplean las hojas para perfumar dulces de frutas como coco, manzana, papaya, entre otros (Muñoz, 2013); envolver plátanos de pescado, ahumar sopas y condimentar guisos (Food and Travel México, 2018); las hojas secas y molidas han comenzado a ser incluidas en la realización de pastas fettuccine (Jamangapé, 2019), así como en galletas y cereales; además se emplea en bebidas calientes como atoles proporcionándole un aroma diferente.

### **2.3.2 Forraje**

Mars señala que el follaje de *F. carica* L. puede utilizarse como forraje para el ganado bovino, porcino, caprino y ovino (Mars M. 2003) siendo altamente nutritivo debido a sus valores de proteína cruda, fenoles, flavonoides, taninos y minerales (García, 2006), es importante mencionar su casi nula presencia de compuestos neurotóxicos y otros factores naturales que impidan una absorción adecuada (Pinto, 2012) de nutrientes en el animal. Debido a que es una especie de

crecimiento rápido y adaptabilidad alta, es considerada una especie arbustiva ideal para complemento alimenticio de ganado (Flores, 1989).

### **2.3.3 Medicinal**

Las infusiones de sus hojas son usadas desde años atrás como remedios debido a sus propiedades medicinales. Duke, (2002) describió que tomar la infusión de tres hojas de *F. carica* en 300 ml de agua, ayuda a personas con diabetes, ya que las hojas poseen propiedades hipoglucemiantes (Elavarasi, et al., 2013), ayuda a eliminar los cálculos en riñones (Pérez et al., 2003); así como se ha comercializado el fruto en seco ha ocurrido con las hojas que se venden en sobres de té preparados para realizar infusiones; pueden tratarse úlceras externas formando y colocando una pasta con hojas tiernas (Berdonces, 2009), además éstas pasadas por agua caliente se usan para reducir y quitar los callos.

Su extracto contiene propiedades anti-tuberculosas (Khadabadi, 2007) y antiulcerosas debido a su contenido de fenoles, flavonoides, alcaloides, etcétera, que han sido encontrados en la extracción de etanol de las hojas (Abarca, 2018).

### **2.4 Fertilización foliar**

La fertilización foliar es importante para el suministro de micronutrientes, concretamente para corregir sus deficiencias (Salas, 2002) puesto que pueden estar escasos en el suelo o no están de manera asimilable para las plantas (Mengel, 2000), por lo que este tipo de aplicaciones resulta eficaz ya que los nutrientes son suministrados por aspersion (Murillo, 2013) en órganos como las hojas, teniendo una absorción y asimilación rápida (Trinidad, 1999), obteniéndose respuestas

positivas en etapas críticas y se potencializa la calidad y el rendimiento de la cosecha (Morgado-González, et al, 2018) por lo que se ha vuelto común entre los productores (Rodríguez, et al., 2014), aunque debe tenerse en cuenta que las hojas solo son capaces de absorber cantidades pequeñas de nutrientes en comparación a su demanda.

Las plantas poseen estructuras especializadas para la penetración y absorción en su morfología como los estomas localizados en el haz y el envés de las hojas (Salas, 2002). La superficie de una hoja típica de una planta está formada de diferentes capas y se le denomina cutícula.

La cutícula es la superficie de contacto y su composición química es considerada la principal ruta en el proceso de absorción foliar ya que capta las gotas asperjadas; son membranas sólidas de lípidos formadas por cutina, cutan (biopolímero de cadena alifáticas), ceras y algunos polisacáridos. La cutícula constituye la barrera principal que deben atravesar los solutos para comenzar el proceso de absorción dentro de la planta (Radosevich et al., 1997). Siendo parcialmente permeable al agua y a los solutos disueltos.

La cutícula que cubre las partes aéreas de la planta es una capa extracelular compuesta de una matriz de biopolímeros con ceras impregnadas dentro de la cutícula (intracuticular), o depositadas en la superficie (ceras epi-cuticulares), (Heredia, 2003). Del lado interno, una sustancia lipídica llamada cutina se mezcla con los polisacáridos de la pared celular epidérmica (Guzmán et al., 2014) que está compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y pectinas.

Por lo tanto, la cutícula puede considerarse una pared celular “cutinizada”, lo que enfatiza la naturaleza heterogénea de la composición de esta capa y la interacción fisiológicamente importante con la pared celular (Domínguez et al., 2011; Guzmán et al., 2014); su composición puede variar

según el órgano, especie y genotipo, etapa de desarrollo y las condiciones de cultivo (Heredia, 2003; Kerstiens, 2010).

Los estomas son pequeños poros localizados en la superficie de las hojas; se consideran parte de la epidermis y están compuestos por células modificadas que tienen la capacidad de abrirse y cerrarse para regular el intercambio gaseoso.

Generalmente están localizados en el envés, pero en algunas especies, también se encuentran en el haz de la hoja. (Eichert y Fernández, 2011), además están presentes en la epidermis de muchos frutos aunque a menor densidad que en las hojas; su funcionalidad, morfología y densidad varían entre especies y órganos, por lo que pueden verse afectados por factores de estrés como deficiencias de nutrientes (Fernández et al., 2008a; Will et al., 2011; Fernández et al., 2014), o condiciones ambientales prevalecientes, como la intensidad y calidad de la luz.

Las lenticelas son estructuras macroscópicas que pueden producirse en los tallos, pedicelos o superficies de los frutos una vez que se ha formado la peridermis. Su origen de desarrollo se ha vinculado a los estomas, grietas epidérmicas y tricomas (Du Plooy et al., 2006; Shaheen et al., 1981). La higuera posee estas estructuras en sus tallos en gran cantidad y de inmediata intangibilidad.

## **2.5 Sustancias húmicas**

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).

Gracias a sus efectos bioestimulantes contribuyentes en el crecimiento y desarrollo de las plantas, se observa incremento de longitud del tallo, raíz, hojas, tamaño y calidad de los frutos; reflejado en el aumento del rendimiento en la cosecha (Trevisan S., 2010), esto debido a la eficacia de diferentes procesos en la planta, como la respiración, la fotosíntesis, síntesis de proteínas (Hernández, 2013) y actividades enzimáticas (Canellas, 2013). Sus aplicaciones pueden programarse para activar el crecimiento vegetativo, la floración, llenado y maduración del fruto (Cooper 2017).

Las sustancias húmicas actúan como agentes oxidantes o reductores, dependiendo de las condiciones ambientales (Stevenson, 1994); se trata de polímeros condensados a partir de compuestos aromáticos y alifáticos producidos por la transformación de la lignina de las plantas, los polifenoles de las células y la síntesis microbial (Bendeck, 1996). Generalmente son de color oscuro, además son sustancias amorfas con peso molecular que varía de dos mil a 300 mil g/mol (Weil, 1996).

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.

Estudios espectroscópicos, revelan que las sustancias húmicas generalmente presentan estructuras aromáticas (bencenos y fenoles polisustituidos), así como -OH fenólicos y de alcoholes, -COOH de ácidos carboxílicos, quinonas, entre otros (Johanson, 2000).

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).

### **2.6.1 Ácidos húmicos**

Los ácidos húmicos 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).

Son solubles en agua en condiciones alcalinas, tienen un peso molecular de 50,000 a 100 000 Da y pueden ser fácilmente absorbidos por plantas y microorganismos, ya que funcionan como sistemas de intercambio iónico y quelantes (Cooper, 2017).

Están formados de compuestos predominantemente hidrofóbicos, es decir, ácidos grasos, compuestos esteroidales, cadenas de grupos metilenos, 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.

### **2.6.2 Estructura química de los ácidos húmicos**

Se postuló para los ácidos húmicos una estructura macromolecular aromática compleja con aminoácidos, azúcares, péptidos y compuestos alifáticos que participan en la unión entre grupos aromáticos. La estructura de los ácidos húmicos, contiene grupos OH fenólicos, estructuras quinónicas, nitrógeno (N) y oxígeno (O) como puentes y grupos COOH aromáticos.

### **2.7 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.

### **2.7.1 Zinc en plantas.**

El zinc es el micronutriente más deficiente en los frutales (Curetti, 2015) y es medianamente móvil (Marshner, 1995 y Epstein, 2005), sin embargo desempeña un papel importante en la expansión temprana de las hojas. Lindsay, (1979) encontró que en los suelos este micronutriente se encuentra en una concentración de 0.005 por ciento aproximadamente; en las plantas actúa como metal componente y cofactor de la estructura de las enzimas y fundamentalmente en la síntesis del triptófano, que es precursor en la producción de auxinas (Rodríguez, 2014), además es un componente importante de la enzima deshidrogenasa glutámica, que cataliza el paso de ácido aminocetoglutarico a glutámico (Navarro, 2003)

La aplicación de zinc en frutales como los cítricos, específicamente en naranjo “Valencia late”, ha tenido un aporte indirecto en la producción y tamaño del fruto (Rodríguez, 2014). En árboles de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) se aplicó zinc foliar con la finalidad de elongar las ramas productivas y mejorar la distancia entrenudos, debido a la relación del zinc con la síntesis de auxinas. (Gil C., 2012)

### **2.7.2 Absorción de zinc**

El zinc es absorbido como catión divalente ( $Zn^{2+}$ ), 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.

Las alteraciones más típicas son la disminución en el crecimiento de las hojas y el acortamiento en la longitud de los entrenudos, mayormente en especies leñosas, esta reducción se ha relacionado



con la producción de ácido indolacético (AIA); hay una clara relación entre los niveles de zinc y la concentración de auxinas, que incluso llega a disminuir antes de que se manifieste la deficiencia en la planta.

Además, el zinc es necesario para la actividad de al menos ochenta sistemas enzimáticos (formando parte de su estructura, aunque no sufre cambios en su estado de oxidación); por ejemplo, la NADH-deshidrogenasa, la alcohol-deshidrogenasa, encargada de catalizar el paso del acetaldehído a etanol en la fermentación alcohólica, que aceleran la hidratación reversible del dióxido de carbono a bicarbonato en la fotosíntesis.

Junto con el cobre (Cu), constituye algunos tipos de superóxido dismutasas (SOD), presentes en distintos orgánulos y en el citoplasma de la célula vegetal e implicadas en la defensa contra los radicales superóxidos y participa en la estabilidad del ribosoma y su presencia en la RNA polimerasa, que le convierte en un regulador de la expresión génica. (Azcón Bieto, 2013).

## **2.8 Nutrición en la hoja**

La competencia de nutrientes en la planta es continua, especialmente durante la etapa de fructificación donde aumenta la demanda nutrimental; las hojas son las estructuras encargadas de cubrir la demanda de nutrimentos en la planta debido a la fotosíntesis que realiza, por lo que la presencia de hojas es de importancia. Algunos estudios han revelado que la producción de frutos se debe al tamaño y cantidad de hojas, las cuales determinan la calidad y cantidad de frutos, en el caso de la higuera son necesarias cuatro de sus hojas para la formación de un fruto (Calderón, 1985)

## 2.9 Nutrición mineral

La nutrición mineral es uno de los factores ambientales que puede manipularse con relativa facilidad. Una nutrición mineral equilibrada asegura un crecimiento óptimo de la planta y al mismo tiempo, permite una resistencia óptima, aunque hay excepciones. (Azcón-Bieto)

Se analiza en términos de aumento de la productividad, pero la nutrición también influye en la calidad del producto en poscosecha y en la resistencia de la planta al ataque de plagas y enfermedades.

## 2.10 Biofortificación de plantas

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 hierro (Fe) y zinc (Zn) en los países en desarrollo (Bouis y Welch, 2010).

Aunque es difícil de definir bioquímicamente la deficiencia leve a moderada de zinc en los individuos, parece probable que la deficiencia de este elemento es común en muchos países en desarrollo (Sandstead, 1999), por lo que la biofortificación con micronutrientes de los cultivos básicos se presenta como una herramienta útil para combatir la problemática, ya que se busca incrementar el contenido de nutrientes en los cultivos mediante técnicas de fertilización, fitomejoramiento tradicional o fitomejoramiento asistido con biotecnología (Welch y Graham, 2004). La biofortificación se distingue por su bajo costo, además, este sistema de cultivos es un medio viable para hacer llegar alimentos fortificados a la población.

Sida-Arreola, et al en 2015, trabajaron en la biofortificación con selenio, hierro y zinc en frijol (*Phaseolus vulgaris*), con lo que concluyeron que la calidad nutricional mejora con la aplicación

de estos micronutrientes y favorecen la capacidad antioxidante del frijol; estudios recientes en cultivos básicos han demostrado el valor nutrimental y la eficacia de la biofortificación con micronutrientes, como en maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) , arroz (*Oryza sativa* L.); siendo también implementada en hortalizas como tomate (*Lycopersicum esculentum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), camote (*Impomoea batata* L.), brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), entre otras.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

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

El presente proyecto se llevó a cabo en el rancho “El Capricho” localizado en el ejido Transporte, perteneciente al municipio de Gómez Palacio, Durango.

#### **3.2 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar en el que se usó 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 10 unidades experimentales por tratamiento.

Las aplicaciones se llevaron a cabo cada quince días a partir del 16 de enero hasta el día 15 de octubre de 2021. Las cuales consistieron en asperjar los frutales con una mezcla de 10 litros de agua y la dosis correspondiente a cada tratamiento del compuesto orgánico-mineral con ayuda de una mochila de aspersión manual.



Figura 1.- Poda en el mes de enero.



Figura 2.- Aplicación foliar de zinc en el mes de febrero.



Figura 3.- Aplicación foliar de zinc en el mes de abril.



Figura 4.- Aplicación foliar de zinc en el mes de mayo.



Figura 5.- Aplicación foliar de zinc en el mes de septiembre.



Figura 6.- Aplicación foliar de zinc en el mes de octubre.

### 3.3 Metodología

Los muestreos se llevaron a cabo los días 05 de marzo, 22 de mayo, 21 de julio, 24 de septiembre y 20 de octubre del presente año, se analizó el elemento por el método de absorción atómica vía húmeda. Se eligieron 20 hojas al azar por tratamiento considerando que fueran del mismo tamaño, a las cuales se les quitó el pecíolo con ayuda de navajas y tijeras de poda que fueron previamente desinfectadas en una solución de con agua oxigenada; fueron guardadas y secadas, para su posterior análisis.



Figura 7.- Muestra foliar en el mes de octubre.

Los resultados 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.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos de los análisis foliares hechos a las hojas de *Ficus carica* L. y al método de Desviación Optimo Porcentual (DOP), el único micronutriente que se presentó como deficiente fue el magnesio (Mg), sin embargo los macronutrientes nitrógeno, fosforo y potasio (NPK) también presentaron deficiencias.

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>
05-mar	<b>T1</b>	1.728	0.14925	1.865	3.468	0.355	191.733	6.533	33.398	94.3325	115.18
	<b>T2</b>	1.788	0.168	1.81	3.345	0.35	199.413	7.653	23.163	93.38	110.508
	<b>T3</b>	1.693	0.15775	1.784	3.273	0.333	202.44	9.36	30.238	109.06	120.525
	<b>T4</b>	1.685	0.169	1.623	5.288	0.358	211.5	7.09	26.133	112.318	87.38
22- may	<b>T1</b>	1.87	0.154	2.016	2.98	0.36	130.81	7.05	36.71	86.91	126.4
	<b>T2</b>	1.93	0.18	2.02	2.81	0.36	177.05	8.24	22.72	91.23	113.66
	<b>T3</b>	1.84	0.159	1.978	2.71	0.34	178.42	10.18	27.36	103.71	128.55
	<b>T4</b>	1.82	0.176	1.814	3.11	0.36	207.5	5.63	20.33	95.47	87.46
21-jul	<b>T1</b>	1.585	0.1445	1.713	3.955	0.35	252.655	6.015	30.085	101.755	103.96
	<b>T2</b>	1.645	0.156	1.6	3.88	0.34	221.775	7.065	23.605	95.53	107.355
	<b>T3</b>	1.545	0.1565	1.589	3.835	0.325	226.46	8.54	33.115	114.41	112.5
	<b>T4</b>	1.55	0.162	1.432	7.465	0.355	215.5	8.55	31.935	129.165	87.3
24-sep	<b>T1</b>	1.3	0.135	1.41	4.93	0.34	374.5	4.98	23.46	116.6	81.52
	<b>T2</b>	1.36	0.132	1.18	4.95	0.32	266.5	5.89	24.49	99.83	101.05
	<b>T3</b>	1.25	0.154	1.2	4.96	0.31	274.5	6.9	38.87	125.11	96.45
	<b>T4</b>	1.28	0.148	1.05	11.82	0.35	223.5	11.47	43.54	162.86	87.14
20-oct	<b>T1</b>	1.443	0.13975	1.562	4.443	0.345	313.578	5.498	26.773	109.178	92.74
	<b>T2</b>	1.503	0.144	1.39	4.415	0.33	244.138	6.478	24.048	97.68	104.203

<b>T3</b>	1.398	0.15525	1.395	4.398	0.318	250.48	7.72	35.993	119.76	104.475
<b>T4</b>	1.415	0.155	1.241	9.643	0.353	219.5	10.01	37.738	146.013	87.22

Cuadro 2.- Orden de limitación de elementos por el método de Desviación Óptimo Porcentual de *Ficus carica* L.

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

**T4** Mn>Ca>Zn>Cu>Fe>P>K>B>N>Mg

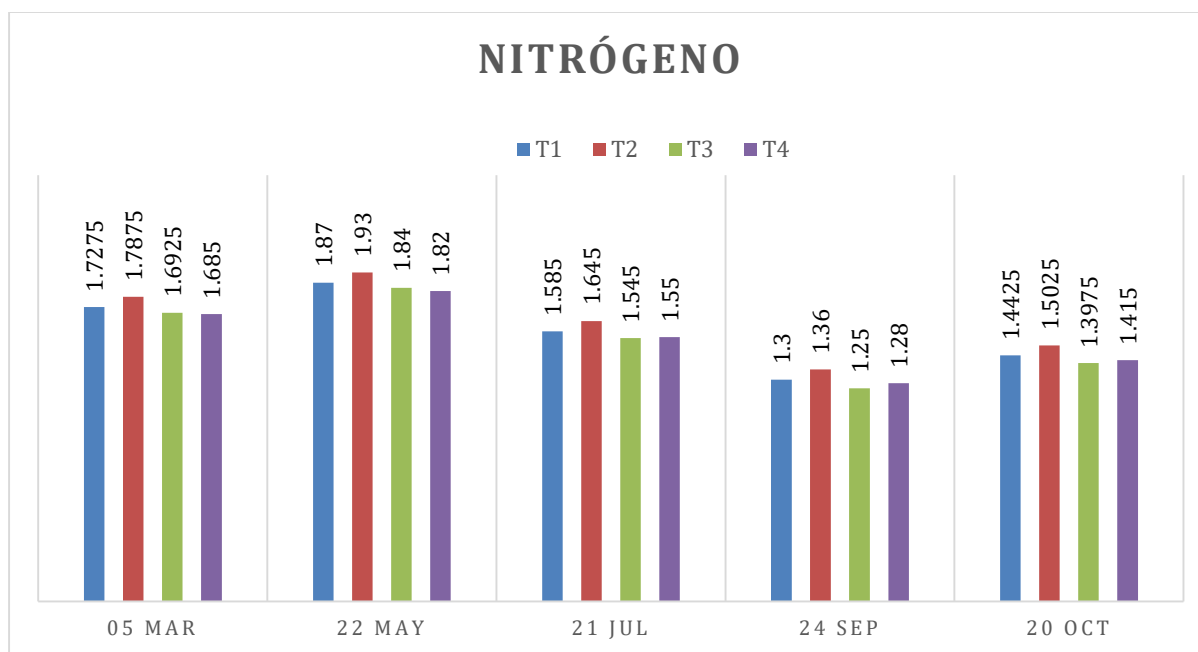


Figura 8.- Datos del análisis foliar de nitrógeno (N).

Cuadro 3.- Resultados de nitrógeno (N) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05 mar	-15.7742402	-11.8881119	-18.16839	-18.694362
22 may	-6.95187166	-3.62694301	-8.69565217	-9.89010989
21 jul	-26.1829653	-21.5805471	-29.4498382	-29.0322581
24 sep	-53.8461538	-47.0588235	-60	-56.25
20 oct	-38.6481802	-33.1114809	-43.1127013	-41.3427562

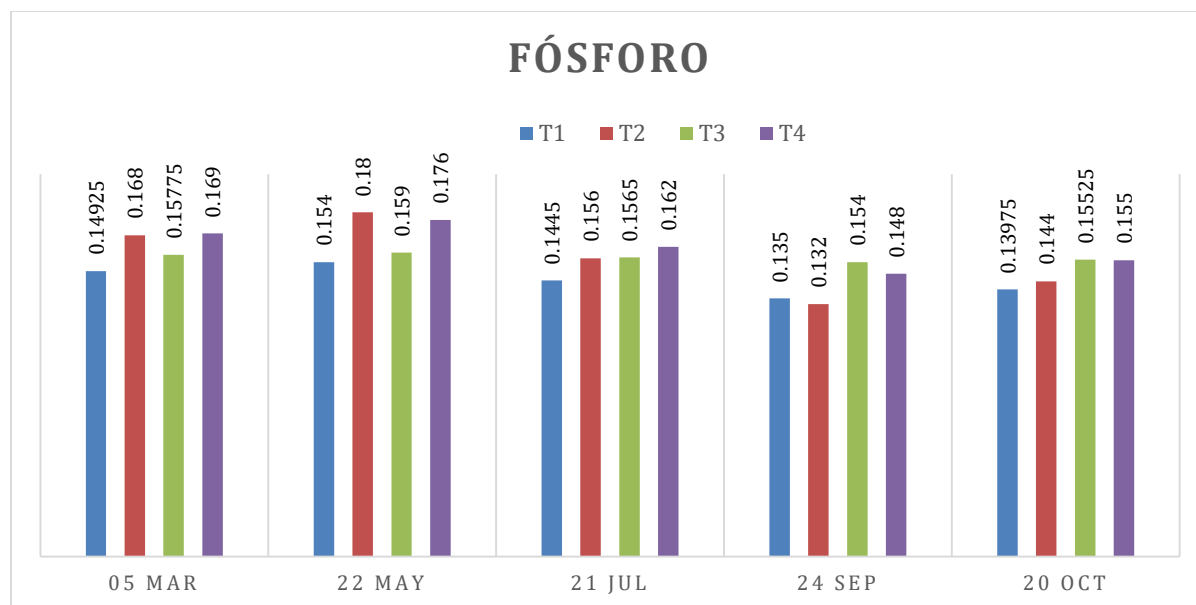


Figura 9.- Datos del análisis foliar de fósforo (P).

Cuadro 4.- Resultados de fósforo (P) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05 mar	40.4761905	36.6085578	40.8284024	38.1761978
22 may	44.4444444	37.1069182	43.1818182	41.1764706
21 jul	35.8974359	36.1022364	38.2716049	34.8534202
24 sep	24.2424242	35.0649351	32.4324324	27.0072993
20 oct	30.5555556	35.5877617	35.483871	31.1531842

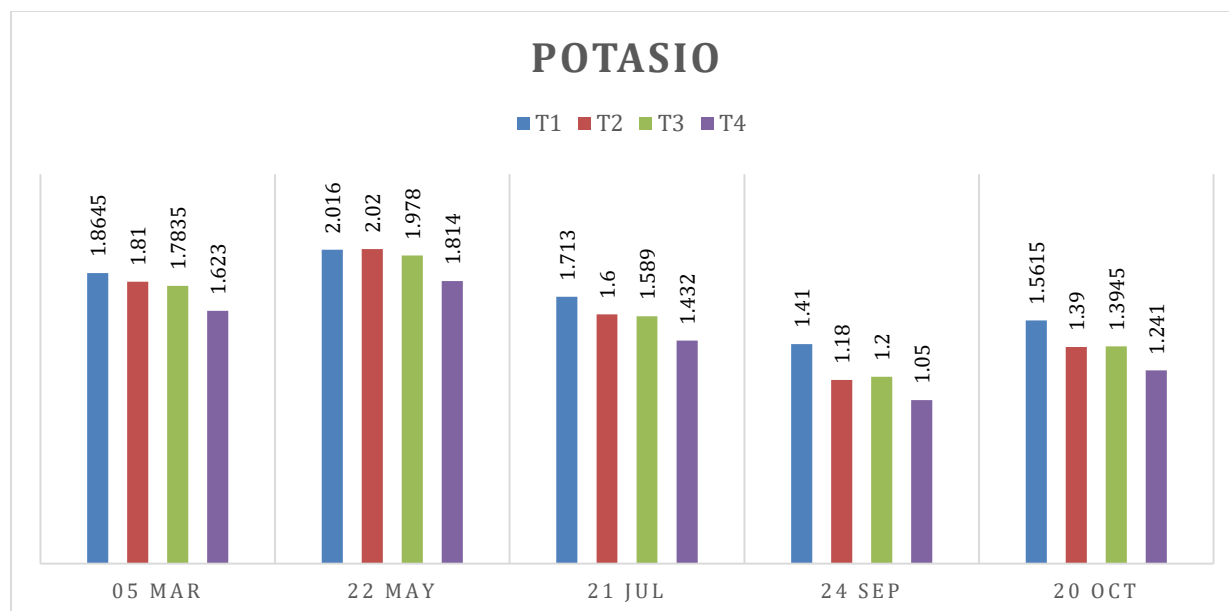


Figura 10.- Datos del análisis foliar de potasio (K).

Cuadro 5.- Resultados de potasio (K) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	46.366318	44.7513812	43.9304738	38.3857055
22-may	50.3968254	50.4950495	49.4438827	44.8732084
21-jul	41.6228838	37.5	37.0673379	30.1675978
24-sep	29.0780142	15.2542373	16.6666667	4.76190476
20-oct	35.9590138	28.057554	28.2897096	19.4198227

El elemento Boro (B) mostro deficiencia en el T1, T3 y T4, especialmente en los meses de septiembre y octubre, que corresponden a la etapa de cosecha.

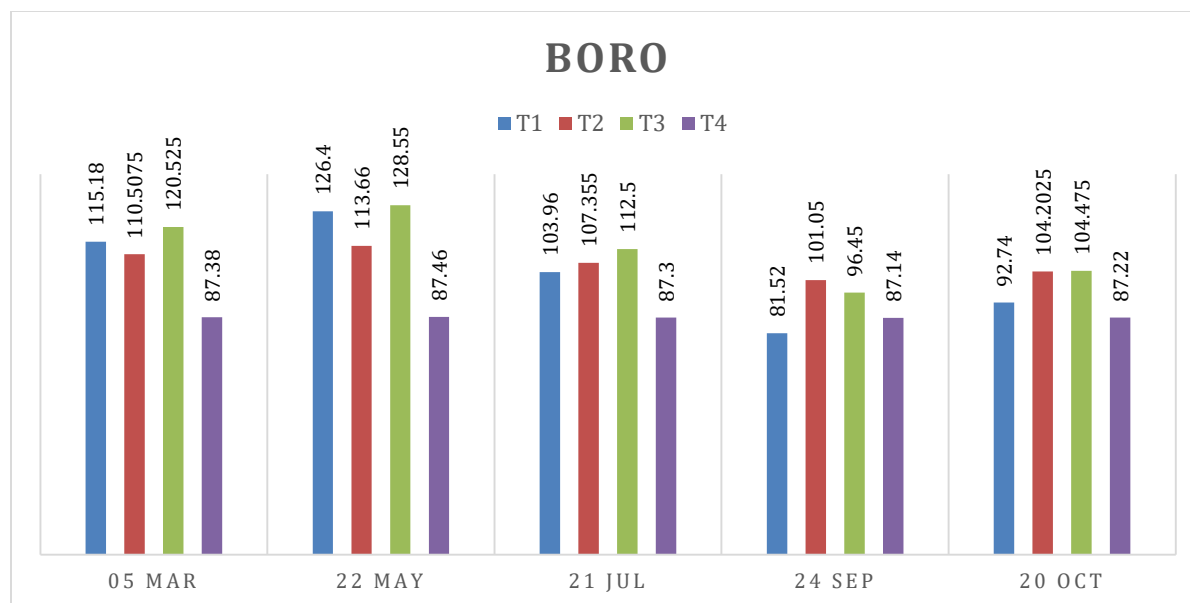


Figura 11.- Datos del análisis foliar de boro (B).

Cuadro 6.- Resultados de boro (B) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	13.1793714	9.50840441	17.0296619	-14.4426642
22-may	20.8860759	12.0183002	22.2092571	-14.3379831
21-jul	3.80915737	6.85110149	11.11111111	-14.5475372
24-sep	-22.6692836	1.03908956	-3.68066356	-14.7578609
20-oct	-7.82833729	4.03301264	4.28332137	-14.6526026

Al emplear el método DOP en la interpretación de los valores nutrimentales se corrobora que el micronutriente con mayor deficiencia especialmente en las etapas de brote, fructificación y cosecha fue el magnesio (Mg), al que le sigue el nitrógeno (N) y el calcio (Ca);

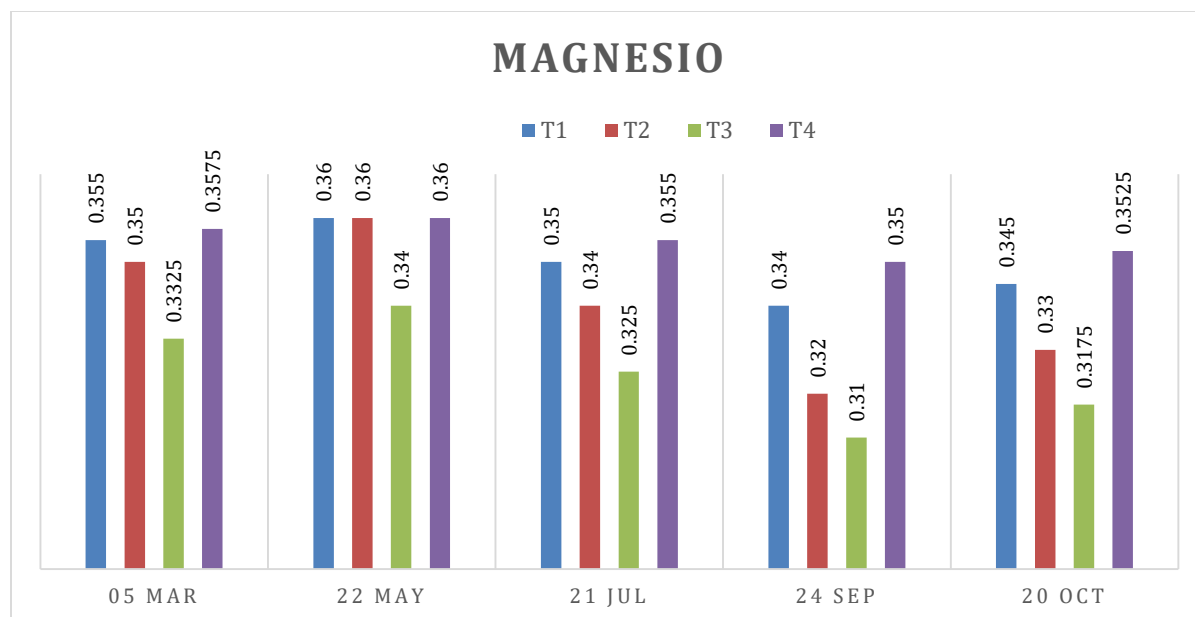


Figura 12.- Datos del análisis foliar de magnesio (Mg).

Cuadro 7.- Resultados de magnesio (Mg) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	-111.267606	-114.285714	-125.56391	-109.79021
22-may	-108.333333	-108.333333	-120.588235	-108.333333
21-jul	-114.285714	-120.588235	-130.769231	-111.267606
24-sep	-120.588235	-134.375	-141.935484	-114.285714
20-oct	-117.391304	-127.272727	-136.220472	-112.765957



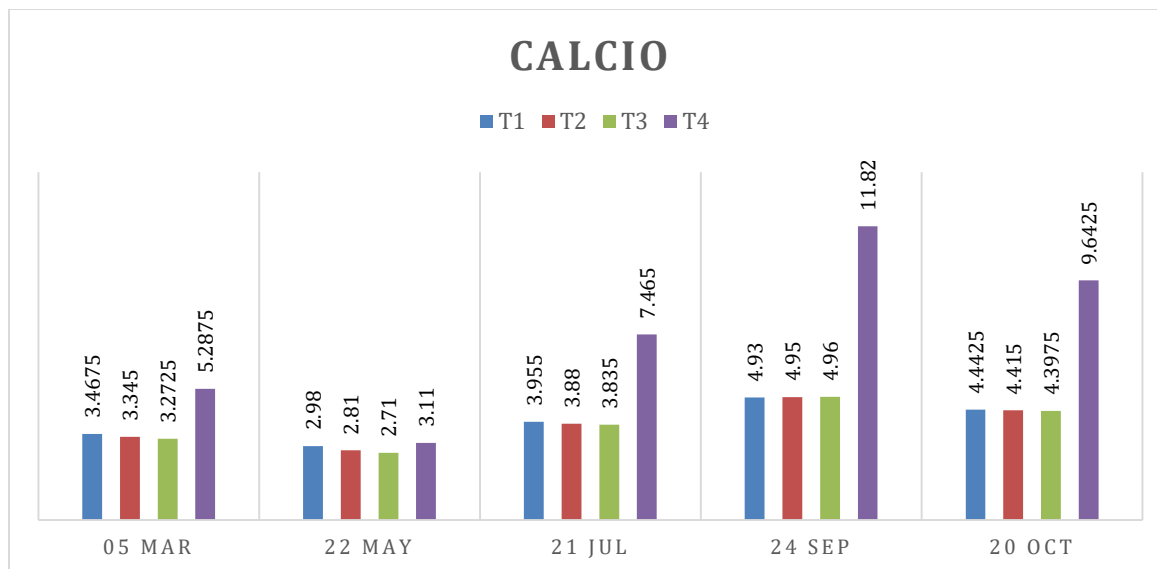


Figura 13.- Datos del análisis foliar de calcio (Ca).

Cuadro 8.- Resultados de calcio (Ca) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	13.482336	10.3139013	8.32696715	43.2624113
22-may	-0.67114094	-6.76156584	-10.701107	3.53697749
21-jul	24.1466498	22.6804124	21.7731421	59.8124581
24-sep	39.148073	39.3939394	39.516129	74.6192893
20-oct	32.4704558	32.0498301	31.7794201	68.8877366

por otra parte el manganeso (Mn) tuvo pocas fluctuaciones durante las etapas de muestreo, además de estar presente en exceso con más del doble de la cantidad óptima, elemento al cual le seguían el fierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn).

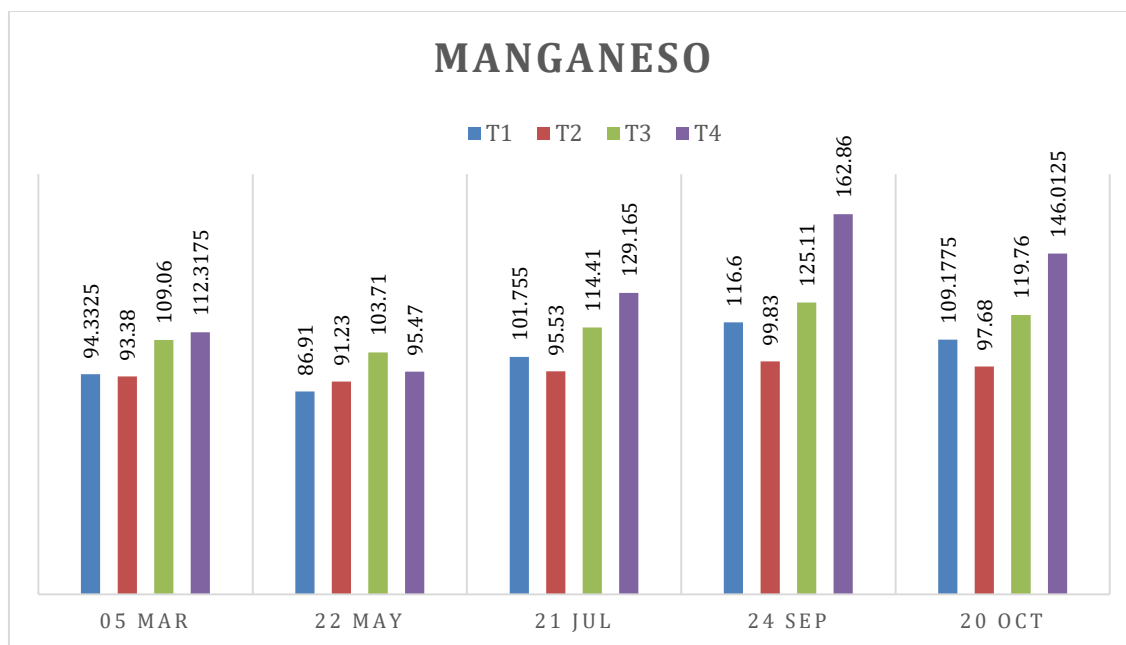


Figura 14.- Datos del análisis foliar de manganeso (Mn).

Cuadro 9.- Resultados de manganeso (Mn) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	78.7983993	78.5821375	81.6614708	82.1933359
22-may	76.9876884	78.0773868	80.7154566	79.0510108
21-jul	80.3449462	79.0641683	82.5190106	84.5159292
24-sep	82.8473413	79.9659421	84.0140676	87.7195137
20-oct	81.6812072	79.5249795	83.2999332	86.3025426

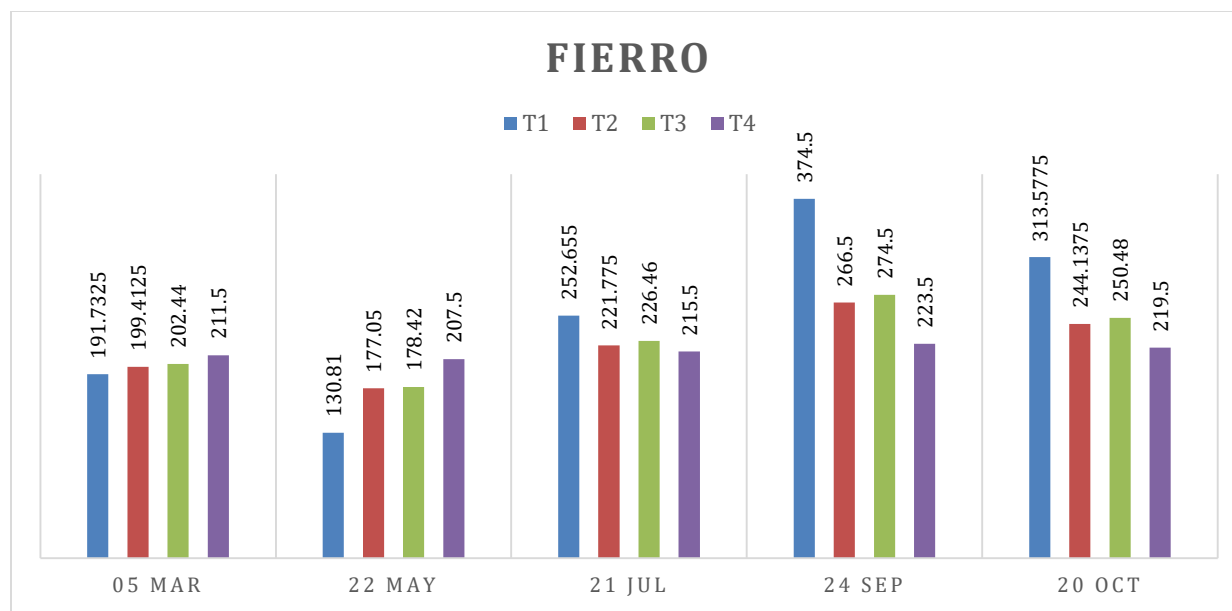


Figura 15.- Datos del análisis foliar de hierro (Fe).

Cuadro 10.- Resultados de hierro (Fe) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	42.6284015	44.8379615	45.6629125	47.9905437
22-may	15.9085697	37.870658	38.3477189	46.9879518
21-jul	56.4623696	50.4001804	51.4263005	48.9559165
24-sep	70.6275033	58.7242026	59.9271403	50.7829978
20-oct	64.9209526	54.9434233	56.0843181	49.8861048

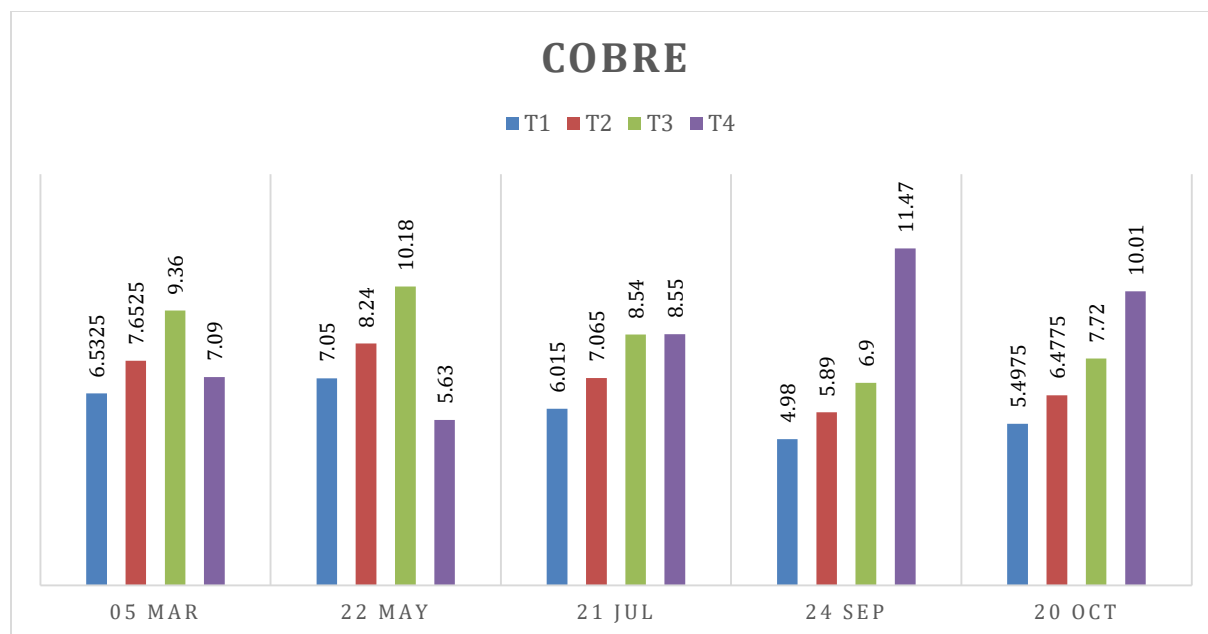


Figura 16.- Datos del análisis foliar de cobre (Cu).

Cuadro 11.- Resultados de cobre (Cu) por el método Desviación Óptimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	38.7677	47.7295002	57.2649573	43.5825106
22-may	43.2624113	51.4563107	60.7072692	28.9520426
21-jul	33.4995844	43.3828733	53.1615925	53.2163743
24-sep	19.6787149	32.0882852	42.0289855	65.1264167
20-oct	27.2396544	38.2477808	48.1865285	60.03996

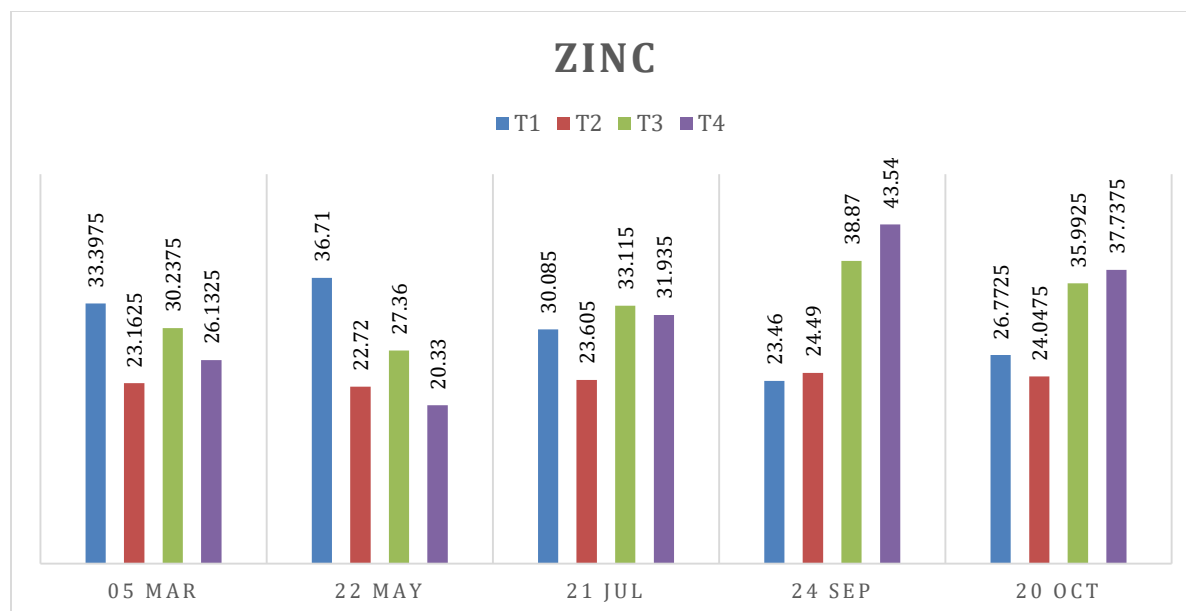


Figura 17.- Datos del análisis foliar de zinc (Zn).

Cuadro 12.- Resultados de zinc (Zn) por el método Desviación Optimo Porcentual (DOP).

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
05-mar	55.0864586	35.2401511	50.3927243	42.6002105
22-may	59.1391991	33.9788732	45.1754386	26.2174127
21-jul	50.1412664	36.4541411	54.7033067	53.0295914
24-sep	36.0613811	38.7505104	61.4098276	65.5489205
20-oct	43.9723597	37.6234536	58.324651	60.251739

Las concentraciones de zinc que resultaron de las cinco muestras tomadas se mostraron en mayor concentración que las de Brown (1994) ya que indicó que la concentración de zinc óptima fluctúa entre 12 y 14 ppm; por otro lado (Benou, 2020) presentó que en las etapas de floración, desarrollo, maduración de fruto y poscosecha la concentración de zinc oscila entre 35 a 42, 40 a 46, 38 a 41

y 44 a 48 mg kg, resultados mayores a los encontrados en este proyecto, sin embargo la concentración de este elemento está en un rango suficiente, ya que Marschner (2012), señaló que una deficiencia de Zn podría presentarse a concentraciones por debajo de 15 a 20 mg kg<sup>-1</sup> en cualquier planta.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el proyecto podemos concluir que las aplicaciones de zinc en un cuatro por ciento (T3), son mayormente asimiladas y reservadas por la planta de higo; ya que en los resultados de los muestreos realizados se encontraron cantidades mayores a las establecidas por otros autores, consideradas óptimas; aun cuando el zinc en las plantas testigo se mostró en mayor cantidad que en el resto de los tratamientos durante los meses de marzo y mayo (etapas de brote y fructificación), se observó en menor cantidad de julio a octubre (durante la maduración del fruto y su cosecha), por lo que se deduce que las aplicaciones influyeron de manera positiva.

Los resultados del método de Desviación Optimo Porcentual (DOP), dan como orden de limitación a los elementos del tratamiento tres (T3); 05 de marzo Mn>Cu>Zn>Fe>K>P>B>Ca>Mg>N, 22 de mayo Mn>Cu>K>Zn>Fe>P>B>N>Ca>Mg, 21 de julio Mn>Zn>Cu>Fe>K>P>Ca>B>N>Mg, 24 de septiembre Mn>Zn>Fe>Cu>Ca>P>K>B>N>Mg y 20 de octubre Mn>Zn>Fe>Cu>P>Ca>K>B>N>Mg; donde podemos observar que el zinc se encuentra en la tercer posición en la etapa de brote (marzo), cuarta, en fructificación (mayo) y en la segunda posición durante las etapas de llenado de fruto y cosecha (julio, septiembre y octubre).

El empleo de ácidos húmicos tuvo un desempeño positivo ya que las plantas trabajadas en los tratamientos, en comparación con las plantas testigo, tuvieron menor incidencia de plagas y enfermedades, además de tener mejor aspecto y reserva nutrimental.

Las hojas de higuera (*Ficus carica* L.) a pesar de no tener la misma importancia económica que tiene el fruto, es proveedora de propiedades significativas para la salud humana y la alimentación.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Abarca V., E.V. 2018. Actividad Antiulcerosa del extracto etanólico de las hojas de *Ficus carica* L. “higo” en ratas.

Abdel –Hameed, S.S. 2009. Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian *Ficus* species leaf samples. *Food Chemistry*. pp. 1271- 1277.

Aksoys U. 2017. *Acta Horticulturae* 173 pp 377–382.

Albarrán Solís, G. 2020. Un cultivo de nuevo crecimiento en México de Riego Print & Social Media. 44-46 pp.

Amezcu Romero, J. C., Lara Flores, M. 2017. El zinc en las plantas. *Ciencia*. 68 (3): pp. 28-35.

Azcón-Bieto, J. y Talón M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Interamericana-McGraw-Hill. Madrid, España. 2da Edición. 669 p.

Barboza, F. S. 2008. El higo y sus posibilidades de mercado. *Tecnología en marcha*. Costa Rica. 21 (3): 9 p.

Bendeck, L.M. 1996. Origen, formación y composición del humus. *Memorias Seminario- Taller: Origen, Formación y composición del humus, COUAP*. Manizales, Colombia.

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.

Berdonces, José L. 2009. *Gran diccionario de las Plantas Medicinales descripción y aplicaciones*. Editorial Océano, S.L. Barcelona, España. p 592.



Bouis, H.E., Welch, R.M., 2010. Biofortification—a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. *Crop Science* 50:S-20-S-32.

Boussingault, J. 1841. De la discussion de la valeur relative des assolements par les resultáis de l'analyse elementaire.—*Ann. Phys.* 3 (1): 203 p.

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

Calderín, A., Guridi, F., Berbara, R.L. 2014 Effects of Humic Materials on Plant Metabolism and Agricultural Productivity. In: Ahmad P, Rasool S, editors. *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance*. p. 449–466.

Calderón, A.E. 1985. *Fruticultura general*. 1985. LIMUSA, S.A. de C.V. Tercera Edición. México. pp. 155-157.

Caliskan, O. 2015. Chapter 56 - Mediterranean Figs (*Ficus carica* L.) Functional Food Properties A2 - Watson, Victor R. PreedyRonald Ross, *The Mediterranean Diet*. Academic Press, San Diego. pp. 629-637.

Canellas, L.P., Martínez, D., Oliveira, L., Oliveira, N., Campostrini, E., Rosa, R.C.C., et al. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). 2013 *Plant and Soil*. 366 (1–2): pp. 119–32. doi:10.1007/s11104-012-1382-5

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.

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.

Curetti, M. (2015). Fertilización en frutales de hoja caduca. Río Negro, Argentina. INTA. 7 p

Domínguez, E., J. Cuartero, y A. Heredia. 2011. An overview on plant cuticle biomechanics. *Plant Science*. pp.77-84.

Du Plooy, G.W., C.F. Van Der Merwe, y L. Korsten. 2006. Lenticel discolouration in mango (*Mangifera indica* L.) fruit - a cytological study of mesophyll cells from affected tissue. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. Vol. 81. pp.869-873.

Duke, J. A., Bugenschutz-godwin, M. J., Du collier, J. and Duke, P. K. *Hand Book of Medicinal Herbs*. 2002. CRC Press, Boca Raton, Fla,USA, 2nd edition. pp. 300-301.

Eichert T., y V. Fernández. 2011. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. In *Marschners' mineral nutrition of higher plants*. P. Marschner, editor. Academic Press, Oxford. pp. 71-84.

Epstein, E., y A.J. Bloom. 2005. *Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives*. 380 p.

Elavarasi, S., Saravanan, K., y Renuka, C. 2013. A Systematic Review on Medicinal Plants Used to Treat Diabetes Mel-litus. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*. 3 (3): pp 983-992.

Fernandez, V., V. Del Rio, L. Pumarino, E. Igartua, J. Abadia, y A. Abadia. 2008. Foliar fertilization of peach (*Prunus persica* L. batsch) with different iron formulations: Effects on re-greening, iron concentration and mineral composition in treated and untreated leaf surfaces. *Scientia Horticulturae*. pp. 241-248.

Fernandez, V., M. Khayet, P. Montero-Prado, J. Alejandro Heredia-Guerrero, G. Liakopoulos, G. Karabourniotis, V. del Rio, E. Domínguez, I. Tacchini, C. Nerin, J. Val, y A. Heredia. 2011. New insights into the properties of pubescent surfaces: Peach fruit as a model. *Plant Physiology*. Vol.156. pp 2098-2108.

Fernández, V., Sotiropoulos, T. y Brown, P. 2015. Fertilización Foliar. Principios Científicos y Práctica de Campo. París, Francia. 127 p.

Flaishman, M., Rodov, V. y Stover, E. 2008. The Fig: Botany, Horticulture and Breeding. Hort. Rev. Vol.34: pp. 113-196.

Flores, Domínguez, A. 1989. La Higuera. Artes gráficas Palermo. Madrid, España.

Food and Travel México. 2018. Hojas que no pueden faltar en tu cocina. Página web: <https://foodandtravel.mx/3-para-cocinar-con-hojas/>

García, D.E., Medina, M.G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J. y Cova, L. 2006. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. Vol. 24. N. 4. Maracay

Gil C., A.I., MArroquínM., M. y Martínez, C., L. 2012. Efecto del zinc sobre la inducción de ramas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Revista Colombiana de ciencias hortícolas. Vol. 6. No. 2. pp 152-160.

Guzmán, P., Fernández, V., Graça, J., Cabral, V., Kayali, N., Khayet, M., y L. Gil.2014. Chemical and structural analysis of *Eucalyptus globulus* and *E. camaldulensis* leaf cuticles: a lipidized cell wall region. *Frontiers in Plant Science*. 481 p.

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

Heredia, A. 2003. Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochimica Et Biophysica Acta-General Subjects*. pp. 1-7.

Hernandez, O.L., Huelva, R., Guridi, F., Olivares, F.L. y Canellas, L.P. Humates isolated from vermicompost as growth promoter in organic lettuce production. 2013. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 22 (1): pp. 70–5.

Ibarra-Manríquez, G., Cornejo-Tenorio, G., González-Castañeda, N., Piedra-Malagón, E.M. y Luna, A. 2012. El género *Ficus* L. (Moraceae) en México. *Botanical Sciences*. 90 (4): pp. 389-452.

Isa, M.M., Jaafar, M.N., Kasim, K.F. y Mutalib, M.F.A. 2020. Cultivation of fig (*Ficus carica* L.) as an alternative high value crop in Malaysia: a brief review. 2nd Joint Conference on Green Engineering Technology & Applied Computing 2020. 7p.

Jamangapé, O., R.G., Palacios, P., G., Caballero, R.G., Zea, C., S.G., Meza-Gordillo, P.I. y Álvarez G., P.E. 2019. Evaluación proximal y sensorial de pasta fettuccinie con sustitución parcial con harina de setas *Pleurotus ostreatus*. *spacio I+D, Innovación más Desarrollo*. Vol.8 Núm. 19.

Johanson, K.J. 2000. Iodine in soil. Technical report. Humic Chemistry. The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. pp. 31-33.

Kerstiens, G. 2010. Plant cuticle. ELS.

Khadabadi, S. S., Gond, N. Y., Ghiware, N. B. and Shendarkar, G. R. 2007. "Hepatoprotective effect of *Ficus carica* leaf in chronic hepatitis," *Indian Drugs*, vol.44, no.1, pp.54–57,

Khadivi, A., Anjam, R. and Anjam, K. 2018 *Scientia Horticulturae* 238 p 3

Liebig, J. von. 1840. *Die chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie*. Braunschweig: Vieweg,

Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. New York, J Willey & Sons. 449 p.

Lobos, G., Veas, A., Balbontín, C., Muñoz, V., Franck, N. y Portilla, A. 2017. Manejo hídrico en frutales bajo condiciones edafoclimáticas de Limarí y Choapa. INIA INTIHUASI La Serena, Chile, Boletín INIA N° 355. ISSN 0717-4829.

Lim, T.K. 2016 Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants 10 pp 1–659.

Liu, F., Yang, Z., Zheng, X.M., Luo, S., Zhang, K. and G. Li. 2011 “Nematicidal coumarin from *F.carica*L.” *Journal of Asia-Pacific Entomology*, vol.14, no.1. pp.79–81.

Luján, G. C., Pérez, H., B.E., Martínez, R.,A. y Castro, B.F. 2009. Uso de plantas medicinales y suplementos dietéticos para el control glucémico de la diabetes. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. Durango, México. pp 229-239.

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

Mars M. 2003. *International Symposium on Fig* 605 pp 19-27.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego

Marschner, P. 2012. *Marschner’s mineral nutrition of higher plants*. 3th (Ed.). Academic Press, San Diego, USA. 651 p.

Matt, Ernest. 2018. *Figs*. University of Kentucky. College of Agriculture, Food and Environmental. UK. 3 p.

Mengel, K. y Kirkby, E.A. 2000. *Principios de Nutrición Vegetal*. Instituto Internacional de la Potasa. 4ta Edición. Basilea, Suiza. 597p.

Melgarejo, M. P. 1999. *El cultivo de la higuera (Ficus carica L.)*. Frutales de zonas áridas. Madrid, España. 118 p.

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

Mendoza Bustamante, J. S., Sánchez Rizo L. M., Yance Campoverde E. R. 2012. "Proyecto de Inversión para desarrollo y creación de una Empresa dedicada a la Elaboración y Comercialización de Higos Cristalizados en la ciudad de Guayaquil". Guayaquil, Ecuador.

Montañes L., Heras L. y M. Sanz. 1991. Desviación Óptimo Porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. An. Aula Dei, 20 (3-4): 93-107.

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

Morgado-González, A., Becerril-Román, A.E., Calderón-Zavala, G., García-Villanueva, E., Velasco-Cruz, C. y Alberto-Villa, J. 2018. Bioestimulantes y nutrimentos foliares en la producción de higo (*Ficus carica* L) 'Café de Turquía'. Vol. 11. N°. 9. pp 15-19.

Muñoz, Zurita. R. 2013. Diccionario enciclopédico de la Gastronomía Mexicana. Larousse México. 648 p.

Murillo, C., R.G., Piedra, M., G. y León, R.G. 2013. Absorción de nutrientes a través de la hoja. UNICIENCIA. Vol. 27. N°.1. 13 p.

Nadeem M. & Zeb A. 2018. Impact of maturity on phenolic composition and antioxidant activity of medicinally important leaves of *Ficus carica* L. *Physiol Mol Biol Plants*. 24 (5); pp 881-887.

Nakilcioğlu Taş, E. 2018. Biochemical Characterization of Fig (*Ficus carica* L.) Seeds. *Journal of Agricultural Sciences* 25. Turquía. pp 232-237.

Nakilcioğlu Taş, E. y Semih, Ö. 2021. Influence of extraction solvents on the polyphenol contents, compositions, and antioxidant capacities of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. Vol. 93 N° 1. 11 p.

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.

Nievas, W., Villarreal, P., Rodríguez, A., y Gómez, G. 2021. El cultivo de la higuera (*Ficus carica*): aspectos economicos para el Alto Valle del río Negro. Buenos Aires, Argentina.: INTA Alto Valle. 48 p.

Oliveira, F. S., Mendonca V., Alves, A., et al. 2019. Pruning Intensity and Lopping System in Fig Plants in the Brazilian Semiarid Region. *Journal of Experimental Agriculture International*. 34 (2): pp. 1-9.

Perez, C., et al. 2003. Experimental diabetes treated with *Ficus carica* extract: effect on oxidative stress parameters. *Acta Diabetol*. 40 (1): pp. 3-8.

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.

Pinto, R. et al. 2012. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes*, [S.l.], v. 25, n. 3. ISSN 2078-8452.

Radosevich, S., Holt, J. y Ghera, C. 1997. *Weed Ecology: Implications for Management [Ecología de malezas: Implicaciones para su manejo]*. New York: John Wiley & Sons.

Ramírez-Jaspeado R., N. Palacios-Rojas, J. Funes, S. Pérez y M. L. Donnet. 2018. Identificación de áreas potenciales en México para la intervención con maíz biofortificado con zinc. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:327-337

Ramírez-Jaspeado, R., Palacios-Rojas, N., Funes, J., Pérez, S. y Donnet, M.L. 2020. Identificación de áreas potenciales en México para la intervención con maíz biofortificado con zinc. *Revista fitotecnia mexicana*. Vol. 41. No.3.

Ren, D.S; Duan, X.L; Abudu, K.D. 2000. Development and utilization of figs in Xinjiang. *Quarterly Forest By-Product Spec China*. pp. 45 - 46.

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.

Rodríguez, V.A., Cabrera B.,S.C., Martínez, G.C., Chabbal, M.D. y Mazza, S.M. 2014. Fertilización foliar con zinc y manganeso en huertos de naranjo 'Valencia late'. *Cultivos tropicales*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 35 (4): pp. 100-105.

Salas, C.R. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. *Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones*. Costa Rica.

Sandstead, H.H., 1999. Improving study design. *The American journal of clinical nutrition*. 70: pp. 110-110.

Sarkhosh, A. y Andersen, P.C. 2019. El Higo. Historia del cultivo del higo. Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentarias. Universidad de Florida A & M. Estados Unidos. 7 p.



Serrato, D. A. y Oyama, N.,K. 2012. Ficus y las Avispas Agaonidae: un mutualismo clave de los ecosistemas tropicales. 6 p.

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

Secretaría de Ganadería Agricultura Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Boletín informativo. Comunicado de prensa Núm. Available in: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/2015/julio/Documents/2015B481.PDF>.

Shaheen, M.A., N.W. Miles, y G.L. Kreitner. 1981. Lenticel origin on Golden Delicious apple fruits. *Fruit Varieties Journal*. pp. 134-136.

Shukranul M., Husain K. y Jantan I. 2013. *Ficus carica* L. (Moraceae): Phytochemistry, traditional uses and biological activities. Malaysia. 9 p.

Sida-Arreola, J.P., Sánchez, E., Ávila-Quezada, G.D., Acosta-Muñiz, C.H. y Zamudio-Flores, P.B. 2015. Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas y su impacto en la nutrición y salud humana. *TecnoCiencia Chihuahua*. Vol. IX. Núm. 2. pp. 67-74.

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., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A., 2006. Antioxidant Activities and Anthocyanin Content of Fresh Fruits of Common Fig (*Ficus carica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*. pp. 7717-7723.

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

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

Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S. y Nardi, S. 2010. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*. 5 (6): pp 635–43.

Trinidad S., A., Aguilar, M., D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. 17(3): pp 247-255.

Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. y Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 4 (5): pp 1–12.

Veberic, R., Colaric, M., Stampar, F. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food chemistry*. 106: pp. 153-157.

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.

Weil, M. 1996. Los Compuestos Húmicos; Material de curso de Procesos Químicos Orgánicos y Bioquímicos. Guácimo, Costa Rica, EARTH. s.p.v

Welch, R.M., Graham, R.D., 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany* 55:353-364.

Will, S., T. Eichert, V. Fernandez, J. Moehring, T. Mueller, y V. Roemheld. 2011. Absorption and mobility of foliar-applied boron in soybean as affected by plant boron status and application as a polyol complex. *Plant and Soil*. 344: pp. 283-293.