



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

**ACUMULACIÓN Y ABSORCIÓN DE
NUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE LA
HIGUERA *Ficus carica* L. CV.
NETZAHUALCÓYOTL EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN INTENSIVOS.**

VICTOR MANUEL MENDOZA PÁEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe, Lic. **Victor Manuel Mendoza Páez**, Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. David Espinosa Victoria**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **ACUMULACIÓN Y ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE LA HIGUERA *Ficus carica* L. CV. NETZAHUALCÓYOTL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTENSIVOS**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco, Estado de México, a 22 de noviembre de 2018

Lic. Victor Manuel Mendoza Páez

Dr. David Espinosa Victoria

La presente tesis titulada: Acumulación y absorción de nutrimentos en el cultivo de la higuera *Ficus carica* L. cv. Netzahualcóyotl en sistemas de producción intensivos, realizada por el alumno Victor Manuel Mendoza Páez bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



Dr. David Espinosa Victoria

ASESOR (A)



M.C. Moisés Carcaño Montiel

ASESOR (A)



Dr. Prometeo Sánchez García

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2018

ACUMULACIÓN Y ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE LA HIGUERA *Ficus carica* L. CV. NETZAHUALCÓYOTL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTENSIVOS

Mendoza Páez Victor Manuel, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

La importancia de la producción de alimentos inocuos y altamente nutritivos a nivel mundial es uno de los retos más importantes de nuestro tiempo. Por esto se requiere optimizar el uso de los recursos naturales como el suelo, agua, biota, etc. En el caso de la producción de alimentos de manera intensiva es necesario tener una base para poder nutrir al cultivo y así poder obtener todo su potencial genético en el órgano de interés comercial. Para ello se requiere de investigación que cumplan con el objetivo de poder obtener las curvas de extracción o absorción de nutrientes de los cultivos de importancia alimenticia y/o económica. El objetivo de esta investigación fue obtener las cantidades necesarias de nutrientes que requiere el cultivo de la higuera *Ficus carica* L. en sistemas intensivos. El diseño usado fue un completamente al azar con 3 repeticiones por muestreo y 8 muestreos destructivos, definidos por el crecimiento y etapas del cultivo. A cada unidad experimental (planta muestreada) se realizó una valoración de los nutrientes como el N, P, K, Ca, Mg, S, C, B, Na, Fe, Cu, Mn, Zn y Mo. El cultivo de la higuera cv Netzahualcóyotl es altamente demandante de macronutrientes como el calcio, potasio, fósforo, magnesio y nitrógeno mientras que en los micronutrientes los más absorbidos fueron hierro, sodio y boro. La obtención de las curvas de absorción nutricional es indispensable para entender el comportamiento del cultivo en su periodo de crecimiento y así obtener su máximo potencial de producción teniendo en cuenta factores como el económico, ambiental y ecológico.

Palabras claves: acumulación, intensivos, netzahualcóyotl, nutrientes y sistemas.

ACCUMULATION AND ABSORPTION OF NUTRITIES IN THE CROPS OF THE
HIGUERA *Ficus carica* L. CV. NETZAHUALCÓYOTL IN INTENSIVE PRODUCTION
SYSTEMS

Mendoza Páez Victor Manuel, M.C.
College of Postgraduates, 2018

ABSTRACT

The importance of the production of safe and highly nutritious food worldwide is one of the most important challenges of our time. Thus, it is necessary to optimize the use of natural resources such as soil, water, biota, etc. In the case of food production intensively, it is necessary to have a base to be able to nourish the crop and thus be able to obtain all its genetic potential in the organ of commercial interest. This requires research that meet the objective of obtaining the curves of extraction or absorption of nutrients from crops of nutritional and / or economic importance. The objective of this research was to obtain the necessary amounts of nutrients that the cultivation of the fig tree requires in intensive systems. The design used was a completely random one with 3 repetitions per sample and 8 destructive samplings, defined by the growth and stages of the crop. To each experimental unit (plant sampled) an evaluation of the nutrients was made as the N, P, K, Ca, Mg, S, C, B, Na, Fe, Cu, Mn, Zn and Mo. The cultivation of the fig tree cv Netzahualcoyotl is highly demanding of macronutrients such as calcium, potassium, phosphorus, magnesium and nitrogen while in micronutrients the most absorbed were iron, sodium and boron. Obtaining nutrient absorption curves is essential to understand the behavior of the crop in its growth period and thus obtain its maximum production potential taking into account factors such as economic, environmental and ecological.

Key words: accumulation, intensive, netzahualcóyotl, nutrients and systems.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que con su esfuerzo y trabajo hacen posible que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología pueda financiar la formación de profesionales y a los proyectos de investigación que contribuyen al desarrollo y crecimiento del sector agrícola en nuestro país.

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi *alma mater*, y al Colegio de Postgraduados, por haber hecho posible mi formación académica y humana y por todos los recursos proporcionados para que mi investigación se llevara a cabo, haciendo posible la obtención de grado de Maestría en ciencias.

A los miembros del Consejo Particular: Dr. David Espinosa Victoria, M.C. Moisés Carcaño Montiel, Dr. Prometeo Sánchez García y a la sinodal: Dra. María de las Nieves por su invaluable apoyo en la realización de esta investigación, por el tiempo dedicado y consejos que hicieron posible la culminación de éste trabajo.

Al Dr. Victor Manuel Mendoza Castillo, proporciono del invernadero, material vegetal, fertilizantes, instrumentos de medición y estar al pendiente del experimento para poder realizar esta investigación.

A mis profesores del Campus Montecillo, por todas sus enseñanzas y el esfuerzo que ponen día a día para formar profesionales de calidad capaces de contribuir al desarrollo de nuestro campo mexicano, y que sepan que todos los conocimientos proporcionados serán usados en beneficio de la comunidad y para la preservación de nuestra madre naturaleza.

A mis compañeros y a la comunidad del Colegio de Postgraduados en general, por su acompañamiento, orientación y amabilidad en todos los procesos académicos y administrativos.

Al Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal (LANISAF), por haber facilitado sus instalaciones, equipos y personal para realizar los análisis de tejido vegetal, necesarios para esta investigación y por amablemente haberme permitido participar activamente en el proceso.

DEDICATORIA

A mis padres: Olga Esther y Victor Manuel, por haberme dado la vida y por haber hecho un gran esfuerzo en educarme y guiarme para ser un hombre de bien. Gracias por su amor y apoyo incondicional brindado en cada una de mis metas, las cuales me han permitido llegar a este logro.

A mis hermanos: Raúl y Ricardo, mis compañeros de vida, gracias por su apoyo en esta investigación y consejos en cada una de mis decisiones profesionales y personales.

A mi pareja de vida, Sheyla Natali por inspirarme, apoyarme, aconsejarme, amarme, apoyarme y alentarme en todo momento a pesar de las circunstancias que se tuvieron día a día.

A mis amigos que con sus palabras me alentaron a terminar este proceso de formación académica.

A toda mi familia que siempre estuvo pendiente a mis estudios y avances.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes de <i>Ficus carica</i> L.	3
2.2 Dispersión en el mundo	3
2.3 Aspectos botánicos y fisiología	4
2.3.1 Sistema radical	6
2.3.2 Tallo	6
2.3.3 Hojas	6
2.3.4 Flores	6
2.3.5 Fruto	7
3. Importancia nutracéutica	8
4. Condiciones edáficas y climáticas	10
5. Importancia económica	10
5.1 Importancia mundial y distribución	10
5.2 Importancia nacional y distribución	12
6. Cultivar Netzahualcóyotl	13
7. Importancia de la nutrición vegetal	15
7.1 Nutrientes esenciales	16
7.2 Curvas de absorción y extracción de nutrientes	18
7.2.1 Estudios de caso	21
7.2.2 Composición elemental de los diferentes órganos de la planta	25
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	26
Objetivo general	26
Objetivo específicos	26
Hipótesis	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	27

4.1	Localización	27
4.2	Material vegetal.....	27
4.3	Sistema de producción.....	27
4.4	Solución nutritiva.....	28
4.5	Fecha de establecimiento y densidad de población.....	31
4.6	Unidad experimental	32
4.7	Frecuencia de muestreo y tamaño de muestra	33
4.8	Determinación de nutrimentos	34
V.	RESULTADOS	36
5.1.	Índices de crecimiento	36
5.2.	Acumulación de materia seca	37
5.3.	Curvas de absorción nutrimental.....	38
	Macronutrimentos	38
	Carbono	38
	Fosforo.....	39
	Potasio	40
	Calcio	41
	Magnesio.....	42
	Nitrógeno.....	43
	Azufre.....	44
	Micronutrimentos	45
	Boro.....	45
	Sodio	46
	Hierro	47
	Cobre	48
	Manganeso	49
	Zinc	50
	Molibdeno.....	51
	Macronutrimentos totales	52
	Carbono	52
	Fosforo.....	52
	Azufre.....	53

Potasio	53
Calcio	54
Magnesio.....	54
Nitrógeno.....	55
Micronutrientos totales.....	55
Boro.....	55
Sodio	56
Hierro	56
Cobre	57
Manganeso	57
Zinc	58
Molibdeno.....	58
5.4. Gráfica general (Nutrientos).....	59
VI. DISCUSIÓN	63
VII. CONCLUSIONES	66
VIII. LITERATURA CITADA	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de <i>Ficus carica</i> L.....	4
Cuadro 2. Valores de las características anatómicas y químicas para la identificación de variedades.....	8
Cuadro 3. Contenido nutrimental del higo	9
Cuadro 4. Contenido de minerales en el cultivar Netzahualcóyotl y los reportados por el INCAP (2012).....	13
Cuadro 5. Contenido de fenoles totales en diferentes alimentos	14
Cuadro 6. Funciones de los elementos esenciales de las plantas	17
Cuadro 7. Niveles óptimos de contenido micro y macronutrientes en tejidos vegetales	20
Cuadro 8. Rangos óptimos de nutrientes en hojas de higuera var. Pellejo duro.....	22
Cuadro 9. Contenido de macronutrientes en hojas de higuera var. Calimyrna en cuatro etapas fenológicas	23
Cuadro 10. Contenido de micronutrientes en hojas de higuera var. Calimyrna en cuatro etapas fenológicas	23
Cuadro 11. Contenido de macronutrientes en diferentes órganos de higuera var. Roxo de Valinhos en función de diferentes dosis de K.....	24
Cuadro 12. Contenido de nutrientes en higueras nativas de la India	25
Cuadro 13. Solución nutritiva 1 (Vegetativa)	30
Cuadro 14. Solución nutritiva 2 (Vegetativa-Generativa)	30
Cuadro 15. Solución nutritiva 3 (llenado de frutos)	31
Cuadro 16. Solución nutritiva de micronutrientes.....	31
Cuadro 17. Número de muestreos y sus características.....	33
Cuadro 18. Índices de crecimiento vegetativo del cultivo de higuera en hidroponía	36
Cuadro 19. Tasa de acumulación de materia seca en los órganos de la planta de higo con respecto a los muestreos	37
Cuadro 20. Concentraciones de nutrientes en el cultivo de la higuera, expresados en g* kg de materia seca o biomasa producida.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zonas productoras de higo en el mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018)	11
Figura 2. Producción y rendimiento de Higos en el Mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018) 11	
Figura 3. Los diez productores principales de higo en el mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018)	12
Figura 4. Acumulación de carbono en higuera	38
Figura 5. Acumulación de fósforo en higuera	39
Figura 6. Acumulación de potasio en higuera	40
Figura 7. Acumulación de calcio en higuera	41
Figura 8. Acumulación de magnesio en higuera	42
Figura 9. Acumulación de nitrógeno en higuera	43
Figura 10. Acumulación de azufre en higuera	44
Figura 11. Acumulación de boro en higuera	45
Figura 12. Acumulación de sodio en higuera	46
Figura 13. Acumulación de hierro en higuera	47
Figura 14. Acumulación de cobre en higuera	48
Figura 15. Acumulación de manganeso en higuera	49
Figura 16. Acumulación de zinc en higuera	50
Figura 17. Acumulación de molibdeno en higuera	51
Figura 18. Acumulación total de carbono en el cultivo de la higuera.	52
Figura 19. Acumulación total de fósforo en el cultivo de la higuera.	52
Figura 20. Acumulación total de azufre en el cultivo de la higuera.	53
Figura 21. Acumulación total de potasio en el cultivo de la higuera.	53
Figura 22. Acumulación total de calcio en el cultivo de la higuera.	54
Figura 23. Acumulación total de magnesio en el cultivo de la higuera.	54
Figura 24. Acumulación total nitrógeno en el cultivo de la higuera.	55
Figura 25. Acumulación total de boro en el cultivo de la higuera.	55
Figura 26. Acumulación total de sodio en el cultivo de la higuera.	56
Figura 27. Acumulación total de hierro en el cultivo de la higuera.	56
Figura 28. Acumulación total de cobre en el cultivo de la higuera.	57
Figura 29. Acumulación total de manganeso en el cultivo de la higuera	57
Figura 30. Acumulación total de zinc en el cultivo de la higuera.	58
Figura 31. Acumulación total de molibdeno en el cultivo de la higuera	58
Figura 32. Acumulación de potasio, calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y sodio, en el cultivo de la higuera	59
Figura 33. Acumulación de boro, azufre, hierro y manganeso en el cultivo de la higuera	60
Figura 34. Acumulación de carbono, molibdeno, zinc y cobre en el cultivo de la higuera	61

I. INTRODUCCIÓN

En México, las plantas de higuera fueron introducidas durante la época de la Conquista de los españoles por los misioneros franciscanos, estableciéndolas en los atrios de las Iglesias, principalmente en el centro del país (Condit, 1955; Storey *et al.*, 1977). Entre la población, su infrutescencia es muy apreciada debido a sus propiedades nutraceuticas, ya que posee cantidades importantes de minerales, tales como P, K, Ca, Mg, Na, Fe y Zn, así como vitaminas, carbohidratos y compuestos antioxidantes (Saeed y Sabir, 2005; INCAP, 2012).

El cultivo de la higuera es tolerante a la sequía, lo que ofrece muchas ventajas de producción en varias de las regiones ecológicas de México. En los últimos 5 años se ha propuesto un sistema de producción intensiva para incrementar los rendimientos (hasta $90 \text{ t}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) en comparación al sistema tradicional ($5.6 \text{ t}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) que aún prevalece en muchos de los estados productores del país (Mendoza, 2017; SIAP, 2017). Algunas de las ventajas del sistema de producción intensivo es el aumento de la producción como anteriormente se menciona, además de poder tener un mejor manejo fitosanitario de todo el cultivo al tener una barrera física que impide el ingreso de plagas, enfermedades y animales al cultivo. Además de poder permitirnos producir este cultivo todo el año, permitiendo ingresar a mercados atractivos para la venta del producto. Este sistema de producción aplica técnicas de fertirrigación programada, hidroponía, altas densidades de plantación, conducción de tallos productivos y podas a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero las cuales nos permiten dosificar la cantidad necesaria de agua y nutrimentos que requiere el cultivo para aumentar o mejorar la producción.

Algunas de las desventajas del sistema son el alto costo económico de su instalación y la falta de personal técnico o laboral capacitado para las actividades que se requieren en el ciclo de producción.

El sistema de producción intensiva bajo invernadero tiene como eje central a la variedad de higo "Netzahualcáyotl", cuyas características fisiológicas han permitido introducirla en este sistema. Sus frutos son grandes, con pulpa roja y exocarpo morado claro, además el contenido nutrimental es mayor que los reportados por el INCAP (2012) (García-Ruíz *et al.*, 2013). Esto hace de la variedad Netzahualcáyotl un cultivo potencial para el consumo nacional y exportación, convirtiendo al país en un productor potencial de higo, por lo que es necesario conocer aspectos importantes de la nutrición vegetal para proporcionar mejores paquetes tecnológicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de *Ficus carica* L.

La Higuera común (*Ficus carica* L.) es una planta muy antigua, junto a otras como la vid, el olivo y la palma datilera (Zohary *et al.*, 2012), aunque un análisis arqueobotánicos la ubican como el primer cultivo domesticado por el hombre en el valle del Jordán, incluso precediendo a la domesticación de los cereales (Kislev *et al.*, 2006). Su origen fue establecido en Asia Central, Persia y Siria y fue una evolución de *F. carica* var. *Rupestris*, que se extendió por todo el área del Mediterráneo antes de ser domesticada, habiendo varios puntos simultáneos de selección en el área (Khadari y Kjellberg, 2009). La higuera se ha asociado con la horticultura de la región Mediterránea (Storey *et al.*, 1977) y sureste de Asia y obtuvo su importancia desde la Era del Bronce (Zohary *et al.*, 2012) gracias a sus excelentes características nutricionales (Villalobos, 2015) y su papel cultural y religioso.

La higuera es uno de los dos árboles sagrados del Islam, y tiene un papel importante en la mitología griega, ya que era utilizado en ceremonias religiosas y para coronar y alimentar a los atletas que participaban en los juegos olímpicos de Atenas (Flaishman *et al.*, 2008).

2.2 Dispersión en el mundo

La migración humana contribuyó a dispersar la planta fuera de su ambiente natural (Condit, 1955). Este proceso se facilitó principalmente por la simplicidad de su propagación, ya que en su mayoría puede conseguirse mediante estacas leñosas (Villalobos, 2015) que dan origen a plantas idénticas a la planta madre.

Existe la posibilidad de que la higuera haya llegado al continente Americano durante la época de la conquista en el siglo XVII, traída principalmente por los misioneros españoles franciscanos y exploradores, quienes las establecieron en los atrios de las iglesias de los estados de Hidalgo, Guanajuato, Morelos, San Luis Potosí y Zacatecas (Condit, 1955; Storey *et al.*, 1977; García, 2014).

En México se encuentran higueras con frutos partenocárpicos, ya que fueron estas las que predominaron al no estar presente su polinizador natural (Mendoza, 2013).

2.3 Aspectos botánicos y fisiología

La higuera es un componente florístico de la familia Morácea, la cual incluye alrededor de 40 géneros y más de 1,100 especies (Datwyler y Weiblen, 2004). Pertenece al género *Ficus* que está compuesto por más de 70 especies distribuidas principalmente en las áreas tropicales y subtropicales (Berg, 2003) y solo una fracción de éstas tienen frutos comestibles siendo *F. carica* L. la más importante (Stover *et al.*, 2007). Su taxonomía se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de *Ficus carica* L.

Reino:	Vegetal
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Moraceae
Subfamilia:	Ficeae
Género:	<i>Ficus</i>
Subgénero:	<i>Ficus</i>
Especie:	<i>F. carica</i>

Las formas del fruto de la higuera (higos y brevas) silvestres se distinguen de los higos comestibles por dos características importantes: en primer lugar, una mutación de la higuera en la naturaleza dio lugar a los pistilos longistilas y frutos succulentos del higo comestible y, en segundo lugar, como consecuencia de un efecto pleiotrópico o una mutación en un gen estrechamente vinculado, el higo comestible también muestra una supresión del androceo (Storey *et al.*, 1977). Debido a esta supresión, todos los higos comestibles son funcionalmente plantas femeninas. El número de cromosomas y la morfología en el género *Ficus* ha sido estudiado principalmente por Condit (1928, 1932, 1964), que establece que los cromosomas de las distintas especies de higo son similares entre sí en apariencia, y $2n=26$ es el número básico de cromosomas en todas las higueras (Ohri y Khoshoo, 1987).

Existen cuatro tipos de higueras descritas basadas en su necesidad de polinización (también llamada “caprificación”). El tipo conocido como “higuera común” no requiere de caprificación, son conocidas también como *persistentes* o *partenocarpicas*. Los otros dos tipos de higueras comestibles son *no persistentes* y requieren de caprificación para producir higos y brevas (del tipo “Smyrna”), las del tipo “San Pedro” también requieren caprificación para producir higos, pero sus brevas son persistentes. El cuarto tipo son los “cabrahigos”, y son las higueras más primitivas, tiene flores femeninas de pistilo corto y flores estaminadas que son fuente del polen para la polinización de flores femeninas de las higueras no persistentes. El polen es transportado por un único tipo de polinizador, el himenóptero *Blastopaga psenes* L. (Condit, 1932; Stover *et al.*, 2007).

2.3.1 Sistema radical

Las raíces de la higuera son fibrosas y superficiales que se expanden triplicando el tamaño de la copa, además de ser altamente eficientes en la absorción de agua y nutrimentos (Flores, 1990).

2.3.2 Tallo

La higuera presenta un tallo principal grueso de hasta 0.3 m de diámetro, su corteza es lisa y de un color grisáceo que se agrieta con facilidad, lo que provoca un debilitamiento de la planta. Las ramas presentan dominancia apical y se utilizan para la propagación de la especie (Flores, 1990). El tallo desarrolla ramas primarias y secundarias con entrenudos abultados, las hojas e inflorescencias se desarrollan en cada yema axilar y crecen de forma simultánea a los tallos (Flaishman *et al.*, 2008; Melgarejo, 2000).

2.3.3 Hojas

Las hojas de la higuera son grandes de color verde intenso, de forma palmeada con tres a siete lóbulos, muy reticuladas por el envés y un como peciolo largo y grueso. Una característica de la higuera es la producción de látex en las hojas y todos los tejidos verdes de la planta. El látex es sumamente tóxico y es parte del sistema de defensa de la planta ante herbívoros, invertebrados e insectos (Melgarejo, 2000).

2.3.4 Flores

Las flores de la higuera se encuentran dentro de un receptáculo carnoso llamado sicón (Condit, 1932). Las flores femeninas presentan cinco pétalos de color rosa o blanquecino, unicarpelares, ovario súpero, estilo largo o corto y estigma bifido. Las flores masculinas presentan tres sépalos y cuatro estambres y se localizan en la proximidad del ostiolo,

una pequeña abertura con escamas en el extremo distal (Flores, 1990). Las plantas pueden ser dioicas si las flores femeninas y masculinas se encuentran en la misma planta o monoicas si se encuentran en plantas separadas (Beck y Lord, 1988).

2.3.5 Fruto

La “fruta de higo” es un compuesto formado por una cascara de tejido carnoso que encierra a cientos de pedicelos individuales que se desarrollan a partir de las flores femeninas individuales que recubren la pared del receptáculo (Stover *et al.*, 2007). El receptáculo floral se hincha y se vuelve carnoso por la fecundación, desarrollando infrutescencias conocidas como brevas o higos, pero no existen diferencias entre ellas, solo la diferencia temporal de su desarrollo y maduración (Flaishman *et al.*, 2008). Las infrutescencias son siconos blandos de sabor muy dulce, cubiertos por un exocarpo muy delgado de colores variados (Solomon *et al.*, 2006) y se lleva de 115 a 121 días en desarrollarse por completo (Melgarejo, 2000).

Los higos pertenecen al grupo de frutos climatéricos y su tasa de respiración es moderada ($10-20 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$), al igual que la producción de etileno ($1-10 \mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$) (Kader, 2002). Además las higueras tienen un ciclo fotosintético C3 (Silva *et al.*, 2010)

Las características del fruto son una forma de poder identificar las diferentes variedades de higueras además de ser parámetros de calidad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de las características anatómicas y químicas para la identificación de variedades.

Característica	Valores		
Ostíolo	Pequeño	Mediano	Grande
Cavidad interna	Ausente	Pequeña - mediana	Grande
Fruto	Chico	Mediano	Grande
	(29-46 x 26-38 mm)	(29-54 x 38-49 mm)	(54-75 x 50-60 mm)
Albedo	Claro	Intermedio	Intenso
Pulpa	Blanco-amarillo	Rosa	Rojo
Sólidos solubles	Bajo	Medio	Alto
	(10-13%)	(13-16)	(16-20%)
Firmeza	Suave	Media	Firme

Fuente: García, 2014.

3. Importancia nutracéutica

El higo posee cantidades importantes de minerales necesarios para el metabolismo de animales y humanos, tales como P, K, Ca, Mg, Na, Fe y Zn (Saeed y Sabir, 2005), además de vitaminas y carbohidratos (Cuadro 3) (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá), 2012).

Cuadro 3. Contenido nutrimental del higo

Nutrientes	Cantidad (100 g de porción)	
	Fruto fresco	Fruto deshidratado
Agua	79.11 %	30.05 %
Energía	74 kcal	249 kcal
Carbohidratos	19.18 g	63.87 g
Calcio	35.0 mg	162.0 mg
Potasio	232.0 mg	680.0 mg
Magnesio	17.0 mg	68.0 mg
Sodio	1.0 mg	10.0 mg
Fierro	0.07 mg	67.0 mg
Fósforo	14.0 mg	167.0 mg
Zinc	0.15 mg	0.55 mg

Fuente: INCAP (2012)

Los higos también contienen compuestos polifenólicos, flavonoides y antioxidantes, los cuales han adquirido un gran interés debido a que bloquean el efecto dañino de los radicales libres, implicados en muchos procesos y enfermedades degenerativas, por lo que actualmente se les conoce como compuestos bioactivos o fitoquímicos (Villalobos, 2015; Saeed y Sabir, 2005).

Con base en los datos anteriores, el higo es considerado una fruta con alto valor nutritivo en azúcares, minerales y compuestos antioxidantes para la población mexicana (Mendoza, 2009). Al poder almacenarse como frutos deshidratados se encuentra disponible todo el año (Khan *et al.*, 2011). También puede consumirse procesado en mermeladas, jugos, vinos, pasta entre otros (Wang *et al.*, 2003)

4. Condiciones edáficas y climáticas

Actualmente, las higueras se encuentran como árboles de traspatio en la región del Mediterráneo y otros lugares con climas similares, ya que se adapta bien a sequías y a altas temperaturas. Pero también puede crecer en regiones húmedas como los trópicos y subtropicos, aunque los frutos se vuelven agrietados y son más susceptibles a enfermedades (Stover *et al.*, 2007).

La higuera, al ser una especie vegetal tolerante a la sequía, ofrece muchas ventajas de producción en amplias regiones ecológicas de México (García, 2014). En general, las plantas adultas se adaptan a suelos calizos y pobres en nutrientes, toleran la salinidad, el déficit de humedad y en algunos casos son resistentes a los nematodos (Melgarejo, 2000).

5. Importancia económica

5.1 Importancia mundial y distribución

La producción de higo para consumo fresco o deshidratado se encuentra ampliamente distribuida, según los datos de la FAO, son 50 los países productores, presentándose con mayores valores de producción el área que se encuentra alrededor del Mar Mediterráneo (Figura 1).

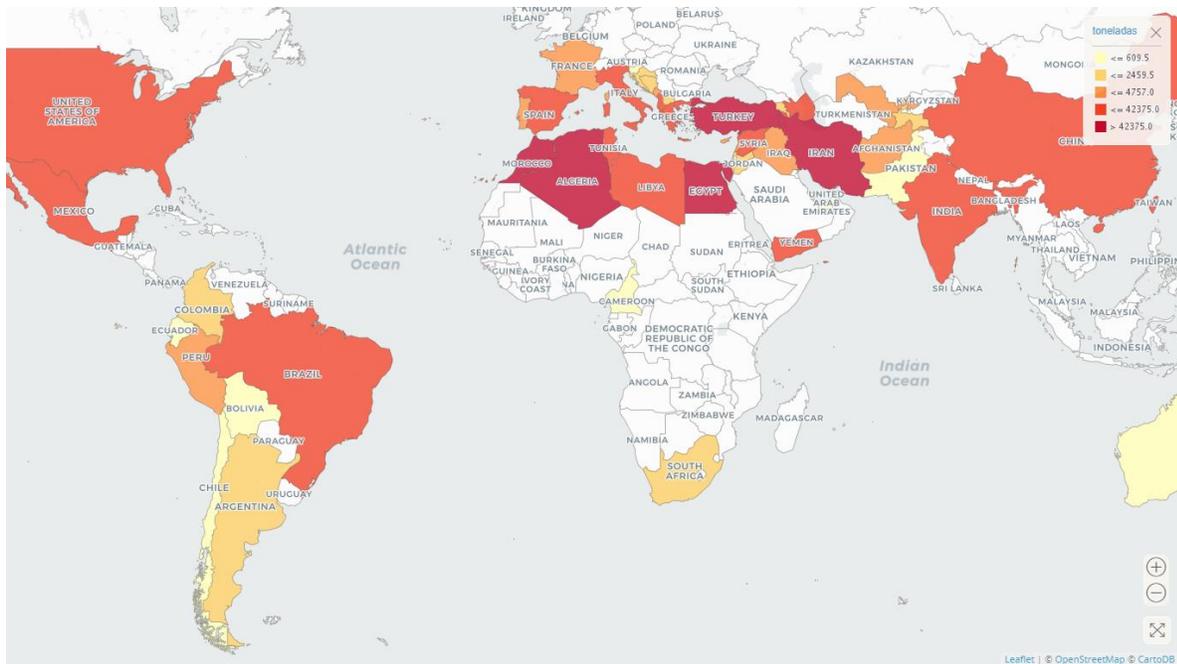


Figura 1. Zonas productoras de higo en el mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018)

La producción mundial para el año 2014 fue de 1.145 millones de toneladas y en el 2015 aumentó a 1.159 millones, sin embargo, para el año 2016 la producción disminuyó a 1.059 millones de toneladas anuales con alrededor de 308,460 hectáreas (Figura 2).

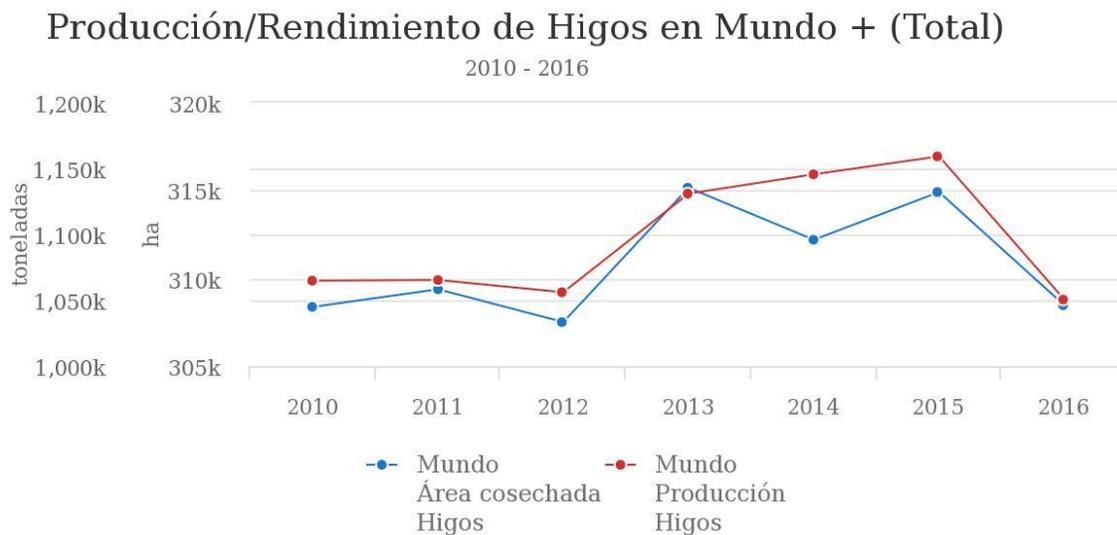


Figura 2. Producción y rendimiento de Higos en el Mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018)

Los principales productores de higo a nivel mundial son Turquía (305,450 t), Egipto (167,622 t), Argelia (131,798 t) y Marruecos (59,881 t) (Figura 3). Los rendimientos más altos reportados son de la República de Chipre (32.1 t·ha⁻¹) y la República de Uzbekistán (26.9 t·ha⁻¹), mientras que el promedio mundial es de 6.5 t·ha⁻¹

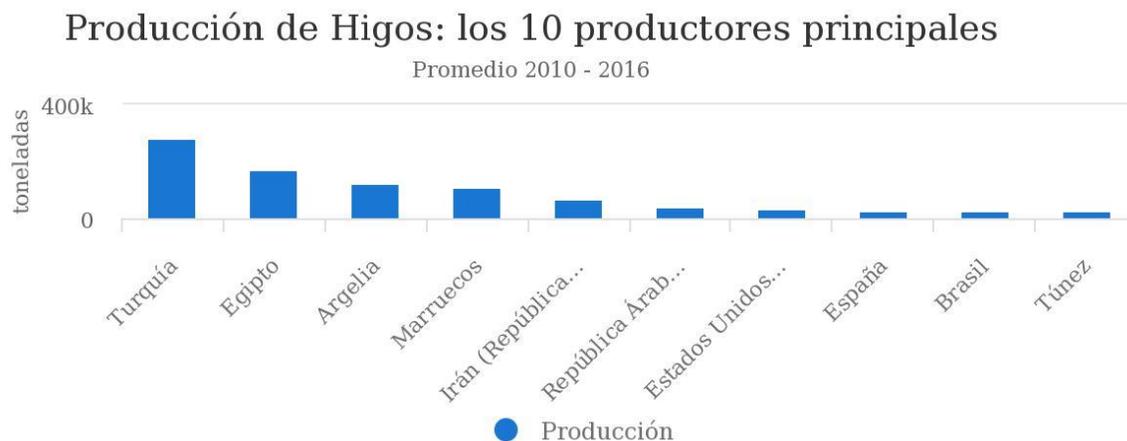


Figura 3. Los diez productores principales de higo en el mundo Fuente: (FAOSTAT, 2018)

Los principales mercados de frutos fresco y deshidratado son Francia, India, Alemania, Austria, Reino Unido, Italia, Suiza, Estados Unidos y los Emiratos Árabes (FAOSTAT, 2016).

5.2 Importancia nacional y distribución

México se encuentra en el lugar 18° a nivel mundial con 7,089 t y el 3° lugar en América, superado por Estados Unidos (31,600 t) y Brasil (26,910 t) (FAOSTAT, 2016).

La higuera puede encontrarse en todos los estados de la República Mexicana en forma de poblaciones naturales (García, 2014). Existen en una gran diversidad de genotipos, que se distinguen por el color de su pulpa, que puede ser blanca, roja o purpura, de cáscara verde, morada o negra y de formas aplanadas, redondas o alargadas (Mendoza,

2013). Como cultivo, la higuera, ha ido incrementando su superficie, gracias a que es una buena alternativa económica para el sector rural (Macías *et al.*, 2014), y con las nuevas tecnologías de agricultura protegida es posible obtener producción durante todos los meses del año (Mendoza, 2009).

En el año 2017, México tuvo una producción de 8,156 toneladas distribuidas en once estados. Los estados con mayor producción fueron Morelos (4,389 t), Veracruz (1,620 t), Baja California Sur (855 t) y Puebla (608 t). La superficie total nacional fue de 1,508 ha. El rendimiento promedio nacional es de 5.67 t·ha⁻¹, mientras que los mayores rendimientos son reportados en Veracruz con 12 t·ha⁻¹ (SIAP), 2017).

La búsqueda de mayores rendimientos ha conducido a la aplicación de técnicas de fertirrigación programada, altas densidades de plantación, conducción de tallos productivos y podas a diferentes niveles (Mendoza, 2013).

6. Cultivar Netzahualcóyotl

El cv. Netzahualcóyotl es una variedad derivada pero diferente a la variedad española Black Mission y se cultiva en el Estado de México. Los frutos fueron descritos morfológica y molecularmente por (García-Ruíz *et al.*, 2013). Los higos son de forma periforme y fruto grande, el color de su pulpa es rojo y el exocarpo morado claro. Además el contenido nutrimental de sus frutos es mayor que los reportados por el INCAP (2012) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de minerales en el cultivar Netzahualcóyotl y los reportados por el INCAP (2012)

mg·100 g de materia seca		
Elemento	Reporte INCAP, 2012	Cv. Netzahualcóyotl

Calcio	35.0	330.21
Potasio	232.0	1073.06
Magnesio	17.0	121.22
Manganeso	NR	0.79
Sodio	1.0	12.29
Hierro	0.07	3.96
Fósforo	14.0	123.43
Zinc	0.15	0.99
Cobre	NR	0.18

Fuente: Elaboración propia con datos de García (2014) e INCAP (2012). NR: no reportado.

El contenido de fenoles y antocianinas de los higos Netzahualcóyotl supera ampliamente a la zarzamora, el café y el vino tinto y muestra valores dentro del rango del contenido de fenoles totales del arándano (Cuadro 5) (García, 2014).

Cuadro 5. Contenido de fenoles totales en diferentes alimentos

	Higo Netzahualcóyotl	cv. Zarzamora	Café	Vino tinto	Arándano
Suma total de fenoles y antocianinas (mg·kg ⁻¹)	1,804.45	1,305	733	800	250- 5,000

Fuente: García (2014) y El Gharras (2009).

El cv. Netzahualcóyotl es una higuera del tipo común y al no requerir caprificación responde favorablemente a un manejo intensivo, lo que permite establecer plantaciones intensivas en condiciones de invernadero. De esta forma se puede mantener mayor sanidad y producciones inocuas con una mínima aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades (Mendoza, 2013).

Mendoza-Castillo *et al.* (2017) obtuvieron un rendimiento potencial de más de 100 t·ha⁻¹ con 8 tallos productivos por planta, en densidades de 1.25 plantas por metro cuadrado y 18 a 22 frutos por tallo, usando este cultivar.

7. Importancia de la nutrición vegetal

Uno de los factores fundamentales que permite obtener altos rendimientos y rentabilidad de los cultivos agrícolas es la nutrición vegetal, la cual debe de ser ajustada y recomendada a cada especie con base en sus respectivas curvas de absorción y extracción de nutrimentos, además de tomar en cuenta su comportamiento durante los estados fenológicos de la planta (Pineda-Pineda *et al.*, 2008).

La nutrición mineral se refiere al suministro, disponibilidad, absorción, translocación y utilización de los elementos inorgánicos para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fageria, 2016). Por su lado, la nutrición en frutales es una práctica de manejo muy importante, debido a la necesidad de producir tempranamente y a ritmo sostenido, por lo que la situación es compleja donde se combinan diferentes factores de manejo, variedades, conducción y poda (Ciampitti y García , 2011). La subestimación del requerimiento de nutrientes conllevaría a una deficiencia nutrimental y una sobreestimación provocaría un encarecimiento de los costos de producción y por lo tanto una disminución de la rentabilidad del cultivo (Alejo *et al.*, 2016).

7.1 Nutrientes esenciales

Las plantas superiores son las únicas que pueden sintetizar todas las sustancias que requieren para sobrevivir: carbohidratos, aminoácidos, hormonas y vitaminas, si se les proporciona los elementos minerales esenciales y condiciones edafoclimáticas necesarias (Alcántar y Trejo-Téllez, 2009). El crecimiento y desarrollo normal de las plantas están determinados por la disponibilidad de elementos químicos esenciales para su metabolismo. La naturaleza provee a las plantas de muchos elementos químicos, algunos de ellos no esenciales, que inclusive llegan a ser tóxicos.

Durante mucho tiempo se creyó que para el crecimiento normal de las plantas solo eran necesarios los elementos Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) y Azufre (S). Sin embargo, posteriormente se reconoció que para el desarrollo de las plantas se necesitan, además, de otros minerales, y que algunos de ellos son requeridos en cantidades muy pequeñas. A los elementos que se requieren en mayor cantidad ($\geq 1,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) se les denomina macronutrientes, mientras que aquellos que se requieren en cantidades mínimas ($\leq 500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) se les conoce como micronutrientes (Alcántar y Trejo-Téllez, 2009).

Los elementos esenciales pueden ser definidos como aquellos sin los que las plantas no pueden completar su ciclo de vida, son irremplazables por otros elementos y están directamente involucrados en el metabolismo de la planta (Cuadro 6). Las plantas requieren de 17 elementos esenciales para un óptimo, crecimiento y desarrollo. Estos nutrientes son: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Azufre (S), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y Níquel (Ni) (Fageria, 2016).

Cuadro 6. Funciones de los elementos esenciales de las plantas

Elemento	Estructural	Constituyente o activador de enzimas	Procesos
Nitrógeno	Aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glicolipoproteínas, pigmentos	Todas (Constituyente)	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis, multiplicación y diferenciación celular, herencia y todo el metabolismo
Fósforo	Ésteres de carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas, ácidos nucleicos, nucleótidos	Deshidrogenasas, reductasas, cinasas, sintetasas	Almacenamiento y transferencia de energía y todo el metabolismo Propiedades osmóticas, apertura y cierre de estomas, fotosíntesis, transporte de carbohidratos y otros productos, respiración, síntesis, fijación simbiótica del nitrógeno
Potasio	Predominantemente en forma iónica y unidos a moléculas de bajo peso molecular (Carboxilatos) por enlaces de baja energía	Cinasas, sintetasas, deshidratasas, aldolasas, deshidrogenasas	Estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, reacciones con hormonas vegetales y activación enzimática (Vía calmodulina)
Calcio	Pectato (lámina media, carbonato, oxalato, fitato, calmodulinas)	ATP-asa, alfa amilasas, nucleasas	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, síntesis orgánica, balance electrolítico, estabilidad de los ribosomas
Magnesio	Clorofilas	Tiocinasas, cinasas, hexocinasas, enolasas, deshidrogenasas, descarboxilasas, carboxilasas, sintetasas, transferasas	Fotosíntesis, fijación no fotosintética de CO ₂ , respiración, síntesis de grasas y proteínas. Fijación simbiótica de nitrógeno
Azufre	Aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina), proteínas (casi todas), vitaminas y coenzimas (tiamina, biotina), ésteres con polisacáridos	Grupo sulfhidrilo-SH y ditio-S-S activo en enzimas y coenzimas. Ferredoxinas	Absorción iónica, transporte de carbohidratos, síntesis de lignina y celulosa, síntesis de
Boro	Complejos cis con diferentes carbohidratos, azúcares-P	ATP-asa sintetasas	

			ácidos nucleicos y proteínas, fotosíntesis
Cloro	Acutumina y acutimidina (lactosa sesquiterpenoide), jaconina (alcaloide), ácido 4-Cl-indolil-3-, acético, sulfolipidos	Fotólisis del agua	Fotosíntesis
Cobre	Proteínas (anaurina, estelacianina, umecianina, glicoproteínas)	Oxidasa, polifenoloxidasas, carboxilasas	Fotosíntesis, respiración, regulación hormonal, fijación de nitrógeno (efecto indirecto), metabolismo de compuestos secundarios
Hierro	Quelatos (con ácidos di y tricarboxílicos) fitoferritina (con P)	Reductasas, hemoperoxidasas, catalasas, acotinasas, oxidasas, deshidrogenasas, nitrogenasas, hidrogenasas, ferredoxina, citocromos a, a ₃ , b ₂ , b ₆ , f Sintetasas, ATP-asas, cinasas, enolasas, deshidrogenasas, descarboxilasas, pirofosforilasas, transferasas, oxidasas	Fotosíntesis, respiración, fijación biológica del nitrógeno, asimilación de nitrógeno y de azufre
Manganeso	Manganina		Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, control hormonal, síntesis de proteínas
Molibdeno	Nitrogenasa y nitrato reductasa	Reductasas, nitrogenasas	Reducción de nitrato, fijación de nitrógeno
Zinc		Anhidrasas, isomerasas, deshidrogenasas, aldolasas, carboxilasas, ribonucleasas	Respiración, control hormonal, síntesis de proteínas y del ácido indolacético
Níquel	Ureasas	Ureasas	Metabolismo del nitrógeno

Fuente: Alcántar y Trejo-Téllez (2009)

7.2 Curvas de absorción y extracción de nutrientes

El manejo nutrimental de los cultivos debe de realizarse de forma eficiente y práctica para promover la disponibilidad y accesibilidad de fuentes de nutrimentos para la planta, con

el fin de optimizar la productividad, disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos, la contaminación de los suelos y deterioro agroecológico (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutrimental de los cultivos (Pineda-Pineda *et al.*, 2008) y la forma de conocer esta demanda es mediante las curvas de absorción y extracción de nutrimentos.

Se entiende absorción a la cantidad total de nutrientes absorbidos por los cultivos durante su ciclo de desarrollo, mientras que el término de extracción es la cantidad total de nutrientes que se encuentran únicamente en los órganos de cosecha (granos, frutos, hojas, etc.) y cuyos minerales no son reincorporados a suelo, como el resto de la planta (Ciampitti y García, 2011). Las curvas de absorción y extracción nutrimental, son determinaciones gráficas que determinan las cantidades extraídas por una planta a través de su ciclo de vida, con lo que es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuada para el cultivo (Avitia-García *et al.*, 2014; Sancho, 1999).

Existen diferentes factores que determinan la extracción nutrimental, Sancho (1999) menciona y clasifica estos factores de la siguiente manera.

Factores internos:

1. El potencial genético de la planta, por lo que es ideal determinar la curva de extracción para cada cultivar.
2. Edad de la planta o estado de desarrollo de la misma. La curva debe de reflejar los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta y poder asociar los puntos críticos de absorción de cada nutriente durante el desarrollo de la planta.

Factores externos:

Los factores externos son aquellos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como temperatura, humedad, luz, etc.

En el Cuadro 7 se muestran los niveles normales de nutrimentos en la mayoría de las plantas (Bennett, 1994).

Cuadro 7. Niveles óptimos de contenido micro y macronutrimentos en tejidos vegetales

Nutrimento	Nivel crítico	Intervalo de suficiencia	Nivel de toxicidad
	g·kg ⁻¹ MS		
N	<20	20-50	NO
P	<2	2-5	NO
K	<10	10-50	NO
Ca	<1	1-10	NO
Mg	<1	1-4	NO
S	<1	1-3	NO
Cl	<2	2-20	>20
Na	<10	10-100	NO
mg·kg ⁻¹ MS			
Fe	<50	50-250	NO
Zn	15-20	20-100	>400
Mn	10-20	20-300	>300
Cu	3.5	5-20	>20
B	<10	10-100	>100
Mo	<0.1	0.1-0.5	>100

Fuente: (Bennett, 1994).

7.2.1 Estudios de caso

Pineda-Pineda *et al.* (2008) determinaron la curva de absorción de macronutrientes en frambueso rojo (*Rubus Idaeus* L.) cv. Malling Autumn Bliss, en donde encontraron que la extracción de macronutrientes fue paralela a la acumulación de materia seca y ocurrió mayormente durante las etapas de brotación vegetativa y floración.

De igual forma se han realizado curvas de absorción y extracción para otros frutales como: Vid (Ruíz y Massa, 1991), mango 'Ataulfo' (Cruz-Barrón *et al.*, 2014), Aguacate Hass (Salazar y Lazcano, 2001), Limón mexicano (Maldonado, 1999), Litchi (Alejo-Santiago *et al.*, 2015), plátano (Calvache *et al.*, 2014) y fresa (Avitia-García *et al.*, 2014). Por otro lado, también se han realizado análisis de contenido y absorción nutrimental en plantas de higuera de diferentes variedades.

Moreno *et al.* (1998), evaluaron el contenido de minerales en hojas de *F. carica* L. cv. Pellejo duro, estableciendo los rangos óptimos en las hojas de la planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Rangos óptimos de nutrimentos en hojas de higuera var. Pellejo duro

Macronutrimentos	g·kg ⁻¹ MS
N	26.4-26.6
P	1.44-1.51
K	1.08-1.13
Ca	3.40-3.45
Mg	0.45-0.49
Na	3.08-3.15
S	1.72-1.74
Micronutrimentos	mg·kg ⁻¹ MS
Fe	183-189
Mn	86-92
Cu	15-21
Zn	30-35

Fuente: Moreno *et al.* (1998)

Brown (1994), evaluó el contenido de nutrimentos en higueras de más de 17 años de edad var. Calimyrna, a continuación se muestran los valores encontrados, divididos en cuatro etapas fenológicas (Cuadro 9 y 10).

Cuadro 9. Contenido de macronutrientes en hojas de higuera var. Calimyrna en cuatro etapas fenológicas

Estado de desarrollo	N	P	K	Ca	Mg
Floración	2.3 ± 0.05	0.14 ± 0.02	1.4 ± 0.3	3.0 ± 0.4	0.7 ± 0.1
Desarrollo de frutos	2.1 ± 0.3	0.12 ± 0.01	1.0 ± 0.3	3.0 ± 0.4	0.7 ± 0.1
Madurez de frutos	1.6 ± 0.1	0.11 ± 0.02	0.7 ± 0.04	2.9 ± 0.5	0.8 ± 0.2
Poscosecha	1.5 ± 0.1	0.09 ± 0.03	0.7 ± 0.3	3.5 ± 0.4	0.8 ± 0.2

Fuente: Brown (1994) *Expresado en porcentaje

Cuadro 10. Contenido de micronutrientes en hojas de higuera var. Calimyrna en cuatro etapas fenológicas

Estado de desarrollo	Zn	Cu	B	Mn	Fe
Floración	12 ± 0.2	6 ± 4	65 ± 15	80 ± 20	120 ± 45
Desarrollo de frutos	12 ± 2	6 ± 1	100 ± 45	90 ± 25	110 ± 12
Madurez de frutos	12 ± 4	5 ± 2	125 ± 45	145 ± 45	125 ± 23
Poscosecha	9 ± 1	4 ± 2	110 ± 25	150 ± 54	78 ± 22

Fuente: Brown (1994) *Expresado en mg·g⁻¹ de MS

Por su parte, De Oliveira *et al.* (2005a y 2005b) evaluaron la absorción de macronutrientes en tallos, frutos, hojas y peciolo de higuera var. Roxo de Valinhos, en correlación de diferentes niveles de fertilización potásica. Encontraron que no hubo

diferencias significativas entre las diferentes dosis de K y la absorción de nutrientes (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de macronutrientes en diferentes órganos de higuera var. Roxo de Valinhos en función de diferentes dosis de K

Niveles de K ₂ O (g por N planta)	N	P	K	Ca	Mg	S
HOJAS						
0	23.10	1.91	18.26	18.91	5.90	1.73
90	23.68	1.98	21.51	19.21	5.74	1.81
150	23.83	2.11	22.25	18.78	5.50	1.64
PECIOLLO						
0	12.81	1.39	27.53	10.64	4.06	3.55
90	12.98	1.54	33.01	10.30	4.22	3.67
150	13.50	1.53	34.69	10.50	3.99	3.48
TALLOS						
0	9.74	0.96	7.70	6.91	1.91	0.93
90	11.06	1.12	8.11	6.97	1.96	0.98
150	10.30	1.09	8.55	6.70	1.86	0.95
FRUTOS						
0	7.70	0.74	8.07	1.76	0.70	0.71
90	7.91	0.81	8.46	1.86	0.75	0.75
150	8.26	0.83	8.90	1.93	0.74	0.77

Fuente: De Oliveira *et al.* (2005a y 2005b)

Khan *et al.* (2011), analizaron el contenido mineral de un cultivar de higuera nativa de la India, donde encontraron que el K es el elemento que abunda en mayor cantidad en los

tejidos vegetales, mientras que el Cu y el Zn fueron los que menor valor tuvieron (Cuadro 12).

Cuadro 12. Contenido de nutrimentos en higueras nativas de la India

Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P
14.08	534.22	94.40	141.11	7.75	0.33	0.48	53.67

Fuente: Khan *et al.* (2011) *Expresado en $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$

7.2.2 Composición elemental de los diferentes órganos de la planta

El contenido de los diferentes elementos en la planta está relacionado con diferentes factores como el tipo de planta, edad, época y tipo de fertilización, así como el suelo en el que se establece, el sitio donde se adapta, entre otros. A pesar de esto, es posible establecer al menos grandes intervalos de concentración en los que los elementos se presentan en los vegetales.

Las hojas representan el mayor consumo de nutrimentos minerales extraídos del suelo por las raíces, y el reciclaje de estos minerales durante la reproducción es muy reducido en algunos casos. Una proporción importante de los minerales permanece en los tejidos vegetativos y deben ser incorporados al suelo. El tallo constituye un importante órgano de reserva (particularmente especies perennes) de agua, minerales y compuestos orgánicos; movilizables durante periodos de estrés (déficit hídrico, defoliación, podas). Al igual que el tallo, las raíces constituyen un importante órgano para el almacenamiento de agua, minerales y carbohidratos (Gutiérrez, 1997).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

- Conocer la cantidad de nutrimentos que requiere el cultivo de la higuera *Ficus carica* L. para expresar su máximo potencial productivo en sistemas intensivos.

Objetivo específicos

- Estudiar la concentración de cada nutrimento en los órganos de la planta de higuera *Ficus carica* L. cultivar Netzahualcóyotl.
- Conocer la cantidad de nutrimentos en cada etapa de crecimiento del cultivo de la higuera *Ficus carica* L.

Hipótesis

- El análisis de concentración de nutrimentos del cultivo de la higuera *Ficus carica* L. en sus diferentes etapas de crecimiento dará como resultado una curva de absorción específica para la higuera (cv. Netzahualcóyotl) en un sistema de producción intensivo.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El experimento se realizó en un invernadero de arquitectura bi-cenital ubicado en el campo agrícola experimental “Xaltepa” de la Universidad Autónoma Chapingo, con coordenadas geográficas de 19° 20´ latitud norte y 98° 53´ longitud oeste, a una altitud media de 2230 msnm.

4.2 Material vegetal

El material vegetal utilizado fue el cv. Netzahualcóyotl, presenta gran adaptación para ser cultivada en condiciones intensivas en invernadero e hidroponía presentando diferentes longitudes de entrenudos dependiendo de la estación en la que se desarrolla el cultivo sin embargo presenta la característica de tener un crecimiento vegetativo-generativo. El fruto es de forma aperada muy consistente de color morado y/o negro muy intenso, de piel o textura aterciopelada, de tamaño homogéneo, alto contenido de grados brix (°B), excelente sabor y bajo contenido de látex.

4.3 Sistema de producción

El sistema de producción es hidropónico, se encuentra establecido en un invernadero con un sistema de riego por goteo sin recirculación (el exceso de la solución nutritiva se filtra en el suelo), donde el tipo de sustrato es una mezcla de tezontle con composta.

El experimento se estableció en un invernadero con tecnología baja (Apertura de ventilas laterales y/o cenitales manual y sistema de riego programable), con una superficie total de 1000 m² y una efectiva de producción de 860 m². El invernadero tiene un diseño tipo

Bi-cenital lo que nos proporciona ventilación cenital, lateral, frontal y posterior. Las características de plástico con el que cuenta el invernadero es un color blanco lechoso con un 25% de transmisibilidad de luz, tratamiento contra rayos UV y un calibre de 720 galgas.

El sistema de riego se encuentra basado con emisores de 8.0 litros por hora (LPH) un distribuidor de 4 brazos en el que se conecta a 4 tubines con 4 estacas los cuales surten de solución a cada maceta. El riego se programa mediante un timer de la marca ESP-RZX el cual emite riegos durante todo el día, sumando un total de 10 a 16 minutos de riego por día dependiendo de la etapa de crecimiento del cultivo.

La maceta de cultivo está fabricada en polietileno de alta densidad de color negro con una capacidad total de 38.6 litros las cuales se llenaron a un 90% de su capacidad, su forma es cónica, y cuenta con 7 orificios de drenaje en la parte basal.

4.4 Solución nutritiva

En el experimento se utilizaron tres soluciones nutritivas establecidas con la experiencia de la producción del cultivos en ciclos anteriores sin tener bases preestablecidas de extracción mineral por el cultivo, cada una fue calculada para tener un pH de 5.70- 5.85 y CE de 2.4- 3.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Las características del agua empleada para la preparación de las soluciones nutritivas es agua ligeramente ácida con un pH 6.7, una CE de 0.26 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

La solución nutritiva 1 (Cuadro 13) fue utilizada para poder obtener una brotación vegetativa de las plantas al inicio del ciclo.

La solución nutritiva 2 (Cuadro 14) se aplicó durante la etapa de crecimiento del cultivo para tener un crecimiento vegetativo-generativo obteniendo en cada nudo de las ramas productivas 1 fruto.

La solución nutritiva 3 (Cuadro 15) se utilizó con la finalidad del llenado de fruto así como mejorar las características físico-químicas del fruto, además de disminuir el crecimiento vegetativo de las plantas.

En el caso de la cantidad de micronutrientes se utilizó un producto comercial balanceado y quelatado (ULTRASOL MICRO®) el cual se adiciono con una cantidad de 1.5 kg por preparación de solución nutritiva (Cuadro 16).

Cada una de las soluciones nutritivas se utilizó para conocer la extracción nutrimental del cultivo y así poder realizar y proponer un programa de fertilización bajo condiciones de hidroponía e invernadero.

Las soluciones fueron elaboradas en una cisterna de 70 m³ con sistema de recirculación, con una dosificación de 8 a 16 riegos por día a cada planta de una duración de 1 o 2 minutos teniendo como consumo de solución de 1.1 a 2.4 litros·planta⁻¹·día⁻¹ los riegos fueron establecidos dependiendo de la hora del día (máxima temperatura) y del estado de crecimiento del cultivo (Brotación, crecimiento vegetativo-generativo y fructificación).

Cuadro 13. Solución nutritiva 1 (Vegetativa)

Fertilizante	Cationes (meq.L ⁻¹)					Aniones (meq.L ⁻¹)		
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	-	8	-	-	-	8	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	1	-	-	1	-
KNO ₃	2	-	-	-	-	2	-	-
K ₂ SO ₄	4	-	-	-	-	-	-	4
MgSO ₄ .7H ₂ O	-	-	5	-	-	-	-	5
H ₃ PO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.7	-	0.7	-
H ₂ SO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.8	-	-	0.8
∑ parcial cat-ani	6	8	5	1	1.5	10	1.7	9.8
∑ cat-ani	21.50					21.50		

Cuadro 14. Solución nutritiva 2 (Vegetativa-Generativa)

Fertilizante	Cationes (meq.L ⁻¹)					Aniones (meq.L ⁻¹)		
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	-	9	-	-	-	9	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	1	-	-	1	-
KNO ₃	3	-	-	-	-	3	-	-
K ₂ SO ₄	4	-	-	-	-	-	-	4
MgSO ₄ .7H ₂ O	-	-	5	-	-	-	-	5
H ₃ PO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.7	-	0.7	-
H ₂ SO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.8	-	-	0.8
∑ parcial cat-ani	7	9	5	1	1.5	12	1.7	9.8
∑ cat-ani	23.50					23.50		

Cuadro 15. Solución nutritiva 3 (llenado de frutos)

Fertilizante	Cationes (meq.L ⁻¹)					Aniones (meq.L ⁻¹)		
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	-	10	-	-	-	10	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	1.5	-	-	1.5	-
KNO ₃	3.5	-	-	-	-	3.5	-	-
K ₂ SO ₄	4.5	-	-	-	-	-	-	4.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	-	-	5.5	-	-	-	-	5.5
H ₃ PO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.7	-	0.7	-
H ₂ SO ₄ (mL)	-	-	-	-	0.8	-	-	0.8
∑ parcial cat-ani	8	10	5.5	1.5	1.5	13.5	2.2	10.8
∑ cat-ani	26.50					26.50		

Cuadro 16. Solución nutritiva de micronutrientos

Nutriente	mg·L ⁻¹
Hierro (Fe)	1.90
Manganeso (Mn)	0.75
Cobre (Cu)	0.06
Zinc (Zn)	0.15
Molibdeno (Mo)	0.06
Boro (B)	0.13

4.5 Fecha de establecimiento y densidad de población

El establecimiento se realizó al realizar la poda el 20 de agosto del 2016 realizada a 20 cm de la base del crecimiento del año anterior con lo que se garantiza la brotación de más de 6 yemas laterales del tallo basal, cada una de las plantas se encuentran en un marco de plantación de 0.50 m entre los centros de macetas y 1.50 m entre líneas de cultivo, dando como resultado una densidad 1.25 plantas·m² o 12500 plantas·ha⁻¹.

Las plantas fueron desbrotadas el 03 de septiembre del 2016, seleccionando los brotes con mayor vigor y homogéneas obteniendo las seis ramas productivas para los

muestreos destructivos. La selección de estas ramas es considerada una poda de formación, ya que se toman en cuenta su posición, vigor y sanidad; dichas ramas fueron conducidas mediante tutoreo con un anillo de plástico y rafia tomatera para poder obtener una dirección en V como el sistema holandés.

El cultivo fue manejado en la primera estación (Verano-Otoño 2016) con una solución nutritiva vegetativa (Cuadro 13) para poder iniciar la brotación de las yemas basales y poder obtener las ramas productivas. En su segunda estación (Otoño-Invierno 2016) se modificó la solución nutritiva con un balance vegetativo-generativo (Cuadro 14) para poder ayudar a la formación de los frutos en cada nudo de las ramas productivas, las ramas fueron tutoradas en su etapa de crecimiento y formación de frutos hasta la madurez de ellos a los 150 días (01 de septiembre al 10 de enero de 2016). En su última estación (primavera 2016) se aplicó una solución nutritiva que favorece el crecimiento y características químicas de la fruta y limita el crecimiento vegetativo del cultivo (Cuadro 15).

4.6 Unidad experimental

En el experimento se usó un diseño experimental completamente al azar debido a que se estableció en un invernadero con una superficie de 1000 m², donde se utilizaron alrededor de 42 plantas distribuidas en 3 líneas de 14 macetas cada una. En estas líneas se tomaron completamente al azar tres plantas (repeticiones) que fueron sometidas a un muestreo destructivo las cuales fueron consideradas como unidades experimentales, los muestreos se realizaron en 8 etapas de crecimiento del cultivo (Cuadro 17) Tomando como muestra para análisis de tejido vegetal las ramas desde su base de crecimiento, las cuales se separaron por órgano (tallo, hoja y fruto), así como la hoja fue separada

como peciolo y lamina foliar para su análisis nutrimental, también se obtuvieron los datos de longitud de tallo (Lt), Numero de hojas (Nh), Diámetro de tallo (Dt), y Área foliar (Af). Posteriormente se sometieron a un proceso de deshidratación en una estufa de secado, después se tomaron los datos de peso seco de tallo (pst), peso seco de hoja (psh) y peso seco de fruto (psf).

Cuadro 17. Número de muestreos y sus características

Muestreos	Características
M1	Presencia de 5 hojas
M2	Presencia de 10 hojas
M3	Presencia de 15 hojas
M4	Presencia de 20 hojas
M5	Maduración de 1-5 frutos
M6	Maduración de 6-10 frutos
M7	Maduración de 11-15 frutos
M8	Maduración de 16-20 frutos

4.7 Frecuencia de muestreo y tamaño de muestra

Se realizaron 8 muestreos destructivos los primeros 4 fueron realizados de acuerdo al crecimiento de las plantas 5 hojas (5h), 10 hojas (10h), 15 hojas (15h) y 20 hojas (20h), los siguientes 4 muestres se llevaron a cabo con respecto a la maduración de los frutos en los tallos en intervalos de 1-5, 6-10, 11-15 y 16-20 frutos maduros (fm).

Las fechas de los muestreos fueron 1º, el 15 de septiembre de 2016; 2º, 18 de octubre del 2016; 3º, 23 de noviembre del 2016; 4º, 27 de diciembre del 2016; 5º, 23 de enero del 2016; 6º, 7 de febrero del 2016; 7º, 23 de febrero del 2016 y 8º, 11 de marzo del 2016.

Estos intervalos corresponden a 26 días, 59 días, 95 días, 129 días, 156 días, 171 días, 187 días y 203 días respectivamente después de la poda (ddp).

En cada muestreo se tomaron de tres plantas como repeticiones, después de cortarlas se organizaron en los órganos de interés como tallo, hojas (lamina foliar y peciolo) y frutos, después se lavaron, tomaron datos de crecimiento y se colocaron en bolsa de papel etiquetándolas e inmediatamente se introdujeron en una estufa de secado marca Lumistell MR de modelo HTP41 a 65 °C alrededor de 12 a 72 horas dependiendo del órgano. Posteriormente se obtuvieron los datos de peso seco. Una vez finalizado la medición se llevaron al Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal (LANISAF) ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo donde se inició el proceso de determinación de nutrimentos de las muestras.

4.8 Determinación de nutrimentos

Se determinó la concentración de elementos minerales en el tejido vegetal del higo: Carbono (C), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Sodio (Na), Manganeso (Mn), Boro (B) y Molibdeno (Mo) en tallo, hojas, y frutos en cinco etapas de la estación crecimiento y producción.

Para la determinación de todos los nutrimentos, se usaron 0.1 g de materia seca, que se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla de solución diácida de ácido nítrico y agua oxigenada (8 mL de HNO_3 / 2 mL de H_2O_2) o ácido sulfúrico y agua oxigenada (6 mL de H_2SO_4 y 4 mL de H_2O_2), la digestión se realizó con horno de microondas con numero de equipo AIN-E-008. Posteriormente a la digestión se aforó a 50 mL con agua destilada.

Una vez obtenida preparada y obtenida la muestra se realizó la cuantificación de los nutrimentos con diferentes equipos como el Espectrofotómetro de absorción atómica AIN-E-025, espectrofotómetro de emisión óptica acoplado a plasma (ICP) AIN-E-004, Flamómetro AIN-E-010y espectrofotómetro ultra-violeta (UV) AIN-E-011, analizador por inyección de flujo (FIA) AIN-E-009 y el determinador de carbono (TOC) AIN-E-045.

Los datos entregados por la LANISAF fueron capturados con la ayuda del paquete Microsoft Office Profesional Plus® 2013 usando el programa Microsoft® Excel® 2013 en el cual se realizó una tabla para poder obtener los promedios de las repeticiones y las conversiones adecuadas para poder mostrar los resultados en miligramos* materia seca, y por último se graficaron el conjunto de datos para su visualización.

V. RESULTADOS

5.1. Índices de crecimiento

En el Cuadro 18, se presentan los datos de crecimiento vegetativo del cultivo con respecto a los muestreos.

En los muestreos de 1 al 4 se tiene un aumento en los valores de número de hojas, diámetro de tallo y área foliar debido al crecimiento del cultivo. En el muestreo 5, se observa un detenimiento de los valores debido a que se realizó la labor cultural denominada “pinch”, a partir del muestreo 5 al 8 tenemos un decremento en los valores debido que en el manejo del cultivo se retiran las hojas más basales para poder proporcionar ventilación al cultivo y tener poca incidencia de enfermedades fungosas, así como el ingreso de luz para la producción de antocianinas en el fruto.

También, se observa que el muestreo 4 es donde se tuvo el mayor valor de área foliar 5574.86 cm², esto se debe a que el muestreo se realizó cuando el cultivo alcanzó su máximo crecimiento.

Cuadro 18. Índices de crecimiento vegetativo del cultivo de higuera en hidroponía

Muestreo	Número de Hojas	Longitud del Tallo (cm)	Diámetro del Tallo (cm)	Área Foliar (cm ²)
M1	5	15.6	0.85	429.375
M2	10	56.8	1.35	1476.34
M3	15	86.8	1.65	2205.64
M4	20	123.5	1.88	5574.86
M5	18	126	1.92	4989.87
M6	14	126.5	1.95	3980.20
M7	11	126	1.90	3068.69
M8	5	126	1.92	1398.76

5.2. Acumulación de materia seca

El Cuadro 19 muestra la dinámica de acumulación y distribución de materia seca en los diferentes órganos de la rama y/o planta, a partir del Muestreo 1 (M1) hasta el Muestreo 8 (M8) que se llevó a cabo a los 203 días de desarrollo del cultivo. En el M1 se observa que se tuvo una acumulación de materia seca diminuta debido a que es el inicio del crecimiento del cultivo, sin tener algún valor los frutos. El M2 muestra una acumulación de más del doble con respecto a la del M1 debido al crecimiento rápido del cultivo, sin embargo el valor de materia seca en los frutos es mínimo debido al inicio de la etapa de crecimiento vegetativo-generativo.

Para los muestreos 3, 4, 5, 6 y 7 se observa un aumento considerable de 200% entre M2-M3; 153% entre M3- M4; 145% entre M4-M5; 167% entre M5-M6 y 139% entre M6-M7, en cada uno de los órganos debido al crecimiento del cultivo y la maduración de los frutos.

En el muestreo 8 se tiene la cantidad de materia seca mayor debido a que se tiene el máximo crecimiento de los órganos, así como su maduración.

Cuadro 19. Tasa de acumulación de materia seca en los órganos de la planta de higo con respecto a los muestreos

Muestreo	g·rama ⁻¹				g·planta ⁻¹			
	Tallo	Hoja	Fruto	Total	Tallo	Hoja	Fruto	Total
M1	1.87	4.27	-	6.14	14.58	33.30	-	47.88
M2	4.68	8.52	0.78	13.98	36.50	66.45	6.08	109.03
M3	9.36	12.98	5.86	28.20	73.00	101.24	45.70	219.94
M4	13.96	17.56	11.58	43.10	108.88	136.96	90.32	336.16
M5	21.02	24.10	17.56	62.68	163.95	187.98	136.96	488.89
M6	46.52	37.68	20.47	104.67	362.85	293.90	159.66	816.41
M7	68.46	52.91	24.75	146.12	533.98	412.96	193.05	1,139.99
M8	92.53	73.15	29.47	195.15	721.73	570.57	229.86	1,522.16

5.3. Curvas de absorción nutrimental

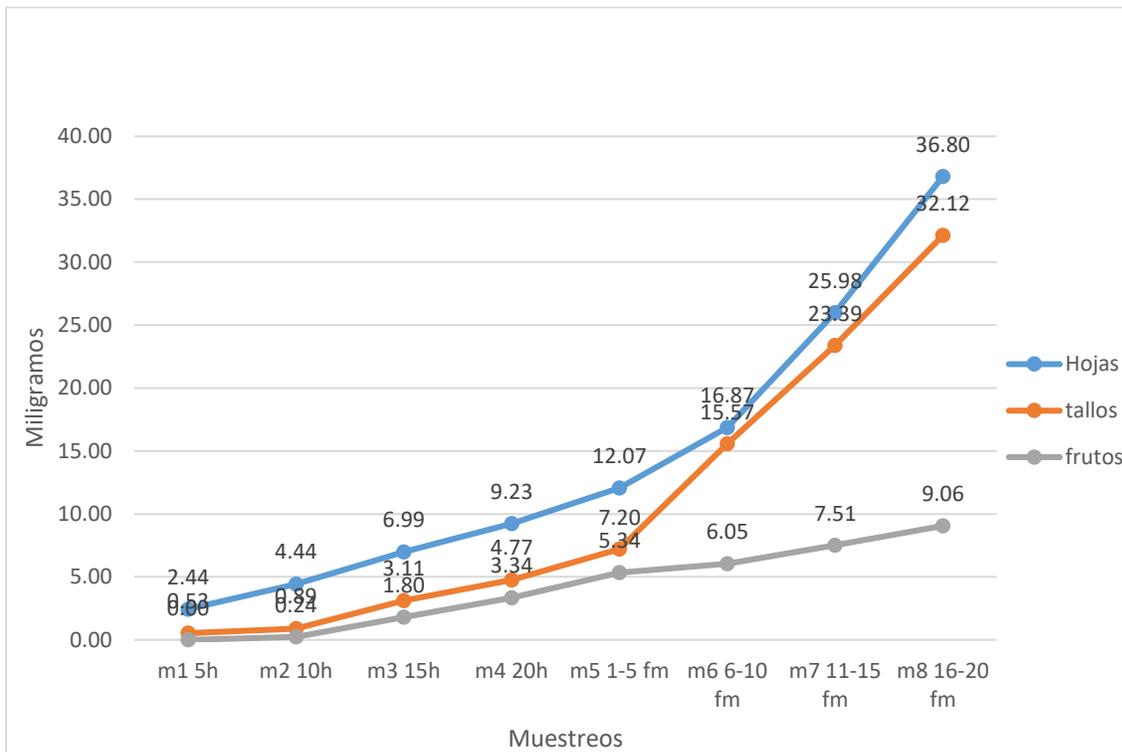
Macronutrientes

Carbono

La absorción de carbono en hojas se presentó de manera ascendente con respecto a los muestreos teniendo la mayor acumulación en el último muestreo en los órganos de la higuera. La acumulación de carbono en los tallos del cultivo es menor que en las hojas, debido a que las hojas es el órgano encargado de la fijación del CO₂ en moléculas orgánicas. El aumento es visible después del muestreo 5 donde el cultivo se encuentra en el proceso de llenado de frutos.

La acumulación de carbono en el fruto se comporta positivamente a partir del muestreo 2-8, sin embargo en el muestreo 1 se tiene como valor 0 debido a la ausencia del órgano o la falta de material vegetal en esa etapa de crecimiento del cultivo. (Figura 4).

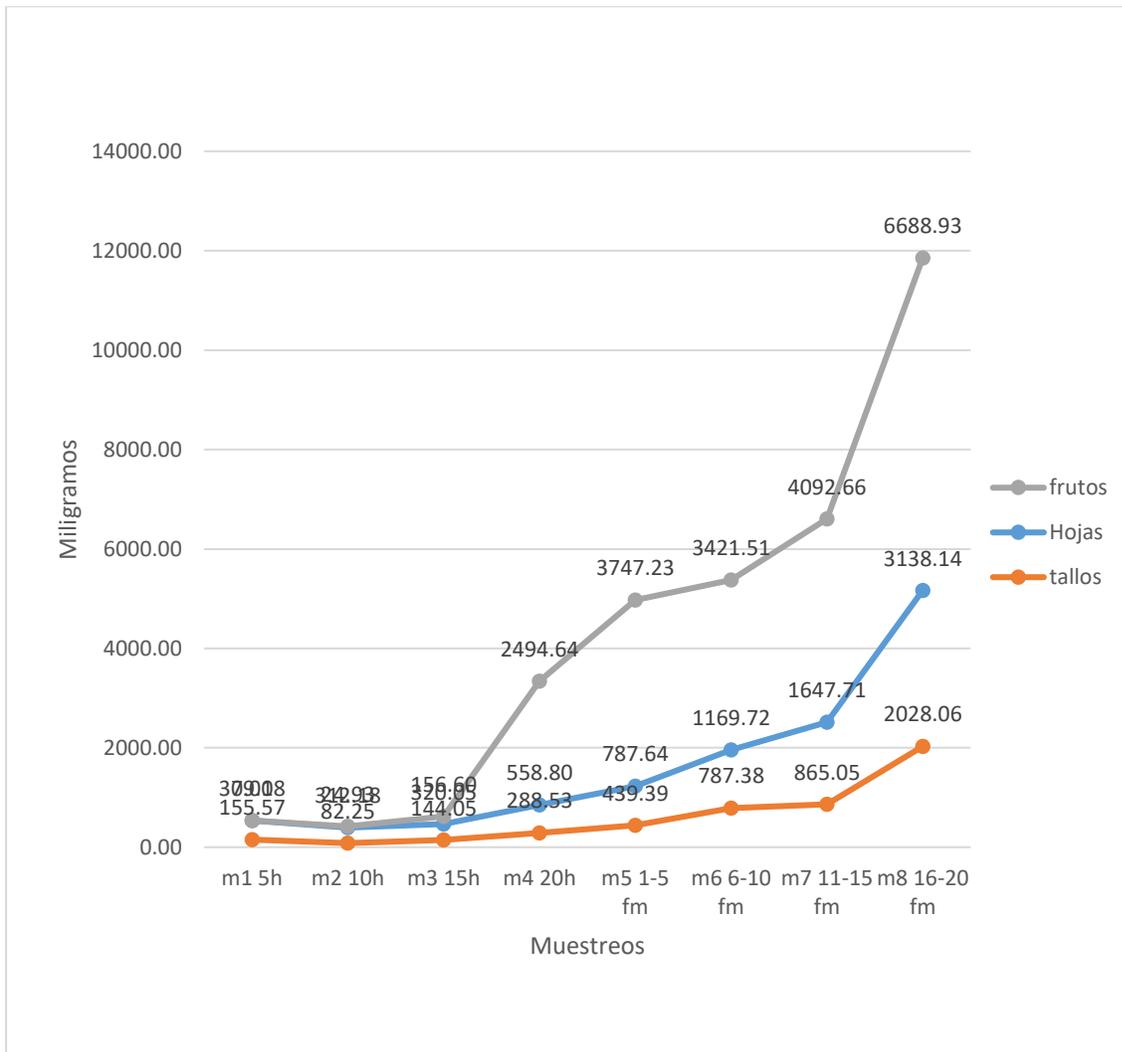
Figura 4. Acumulación de carbono en higuera



Fósforo

La Acumulación de fósforo en hojas tiene un comportamiento ascendente con respecto a los muestreos, lo que nos denota una acumulación en las hojas de la planta. En los tallos presento un crecimiento positivo durante todos los muestreos, sin embargo la máxima acumulación se mostró en el muestreo 8, llegando a tener el doble del anterior muestreo (M7). Mientras que en los frutos la relación es positiva con respecto al crecimiento del cultivo, a partir del muestreo 3 su aumento es considerable debido al crecimiento de los frutos, los cuales tuvieron la máxima acumulación de este nutrimento (Figura 5).

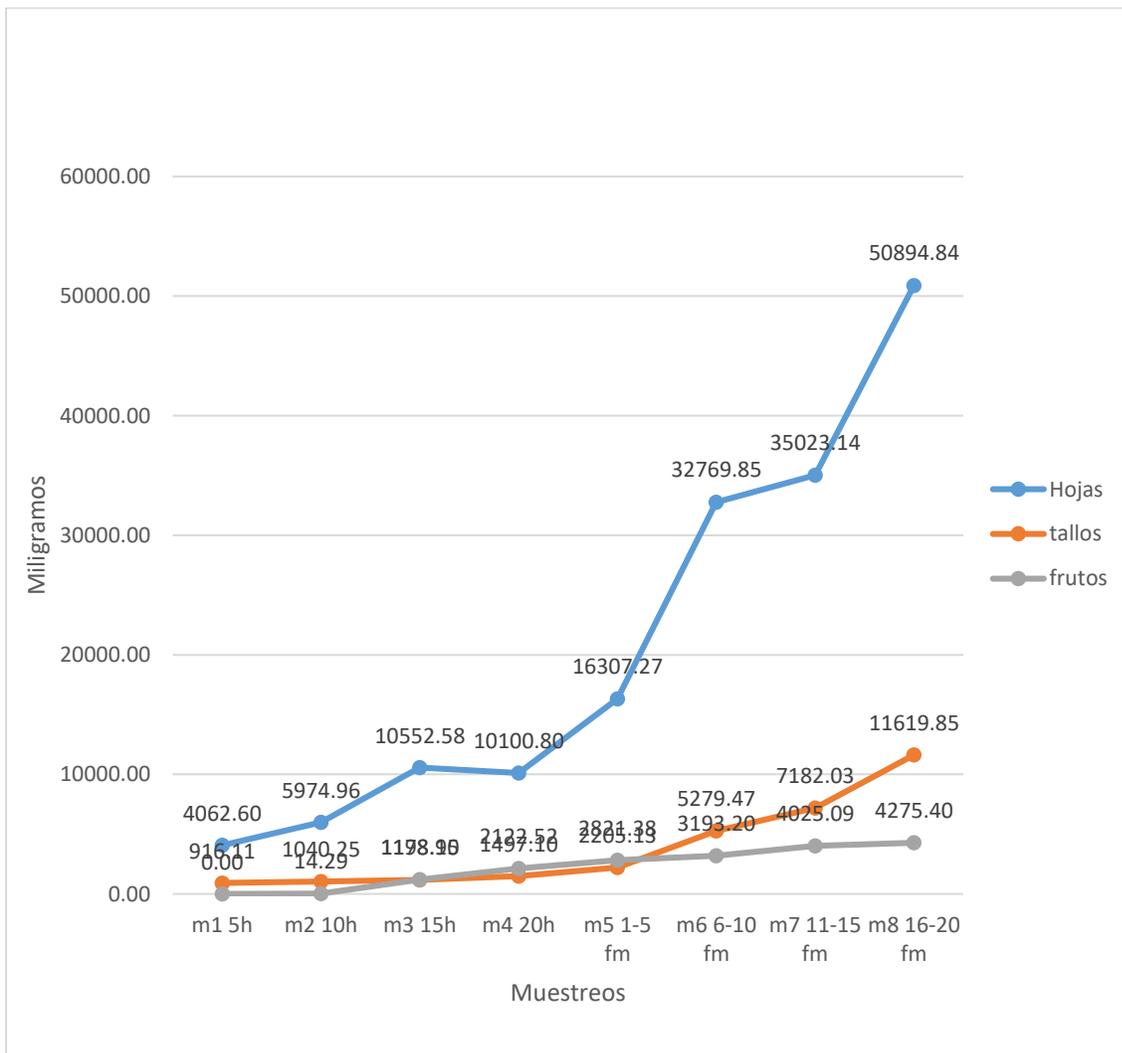
Figura 5. Acumulación de fósforo en higuera



Potasio

La acumulación de potasio en hojas tiene un crecimiento importante después del muestreo 4 lo que nos indica una acumulación, entre el muestreo 6 y 7 el incremento fue mínimo debido a la movilización del elemento a otros órganos como los frutos, mientras que en los frutos la acumulación es mayor que en los otros órganos, aumentando a partir de muestreo 3 con saltos mayores a 500 mg entre los muestreos, en el caso del tallo la acumulación es positiva en todos los muestreos, sin embargo aumento a partir del muestreo 5 debido a la translocación de los fotosintatos a los frutos. (Figura 6).

Figura 6. Acumulación de potasio en higuera

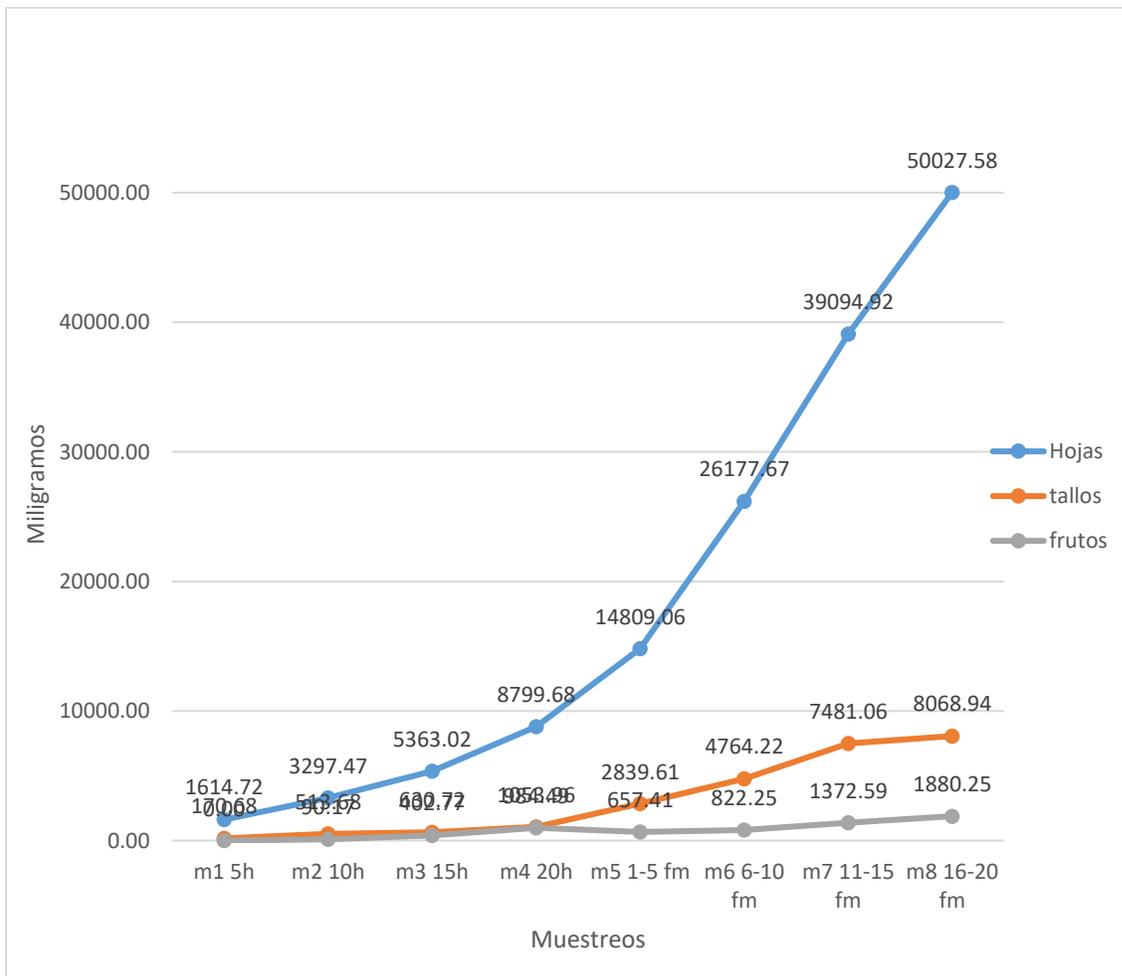


Calcio

En la Figura 7 se muestra la acumulación de calcio en hoja, tallo y fruto. En el caso de la hoja se comporta acumulativamente, sin embargo después del muestreo 4 su acumulación aumento considerablemente. La acumulación de calcio en los tallos se aumentó a partir del muestreo 4 debido al detenimiento del crecimiento vegetativo y el comienzo del proceso de maduración del fruto.

La acumulación de calcio en los frutos es positiva a partir del muestreo 2, sin embargo observamos que en el muestreo 4 tenemos un pico de aumento de casi 1000 mg que se ve acompañado en el muestreo 6 con una disminución del mismo nutriente en casi 400 mg esto se puede atribuir al compartimiento del nutrimento en todos los frutos y una vez madurados los primeros 5 frutos el aumento en la acumulación fue positiva.

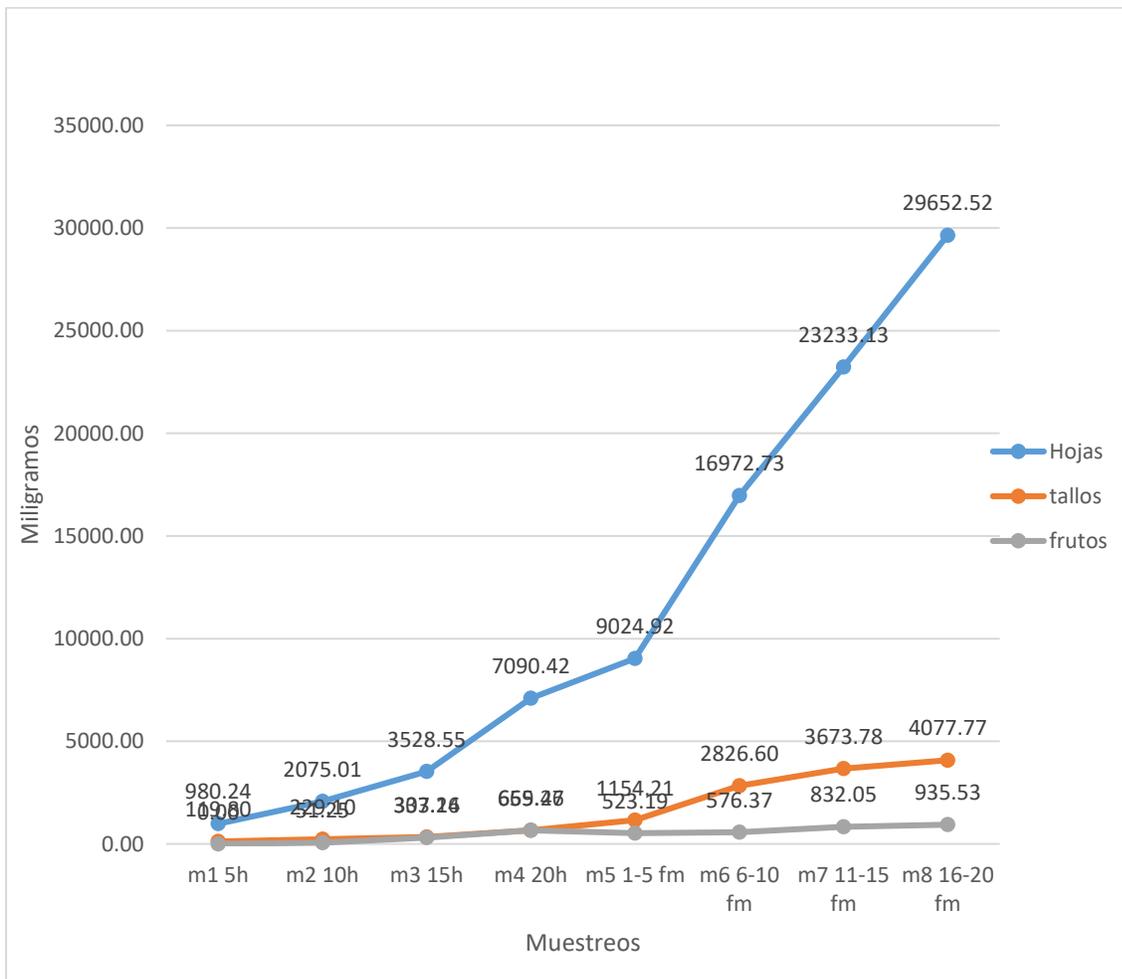
Figura 7. Acumulación de calcio en higuera



Magnesio

La acumulación de magnesio en hojas fue aumentan con relación a los muestreos, el aumento en la acumulación después del muestreo 4 se debe al crecimiento de las hojas superiores del cultivo; la acumulación de magnesio en los tallos de higuera aumento a partir del muestreo 4, donde se pretende detener la emisión de nuevas hojas, las que se encuentran ya emitidas tienden a crecer y aumentar su grosor; para el caso de los frutos la acumulación de magnesio se comportó nuevamente como el nutrimento (calcio) con un aumento en el muestreo 4 cuando se realizó la poda cultural denominada pinch, seguido de una disminución de su acumulación debido al crecimiento y compartición en todos los frutos (Figura 8).

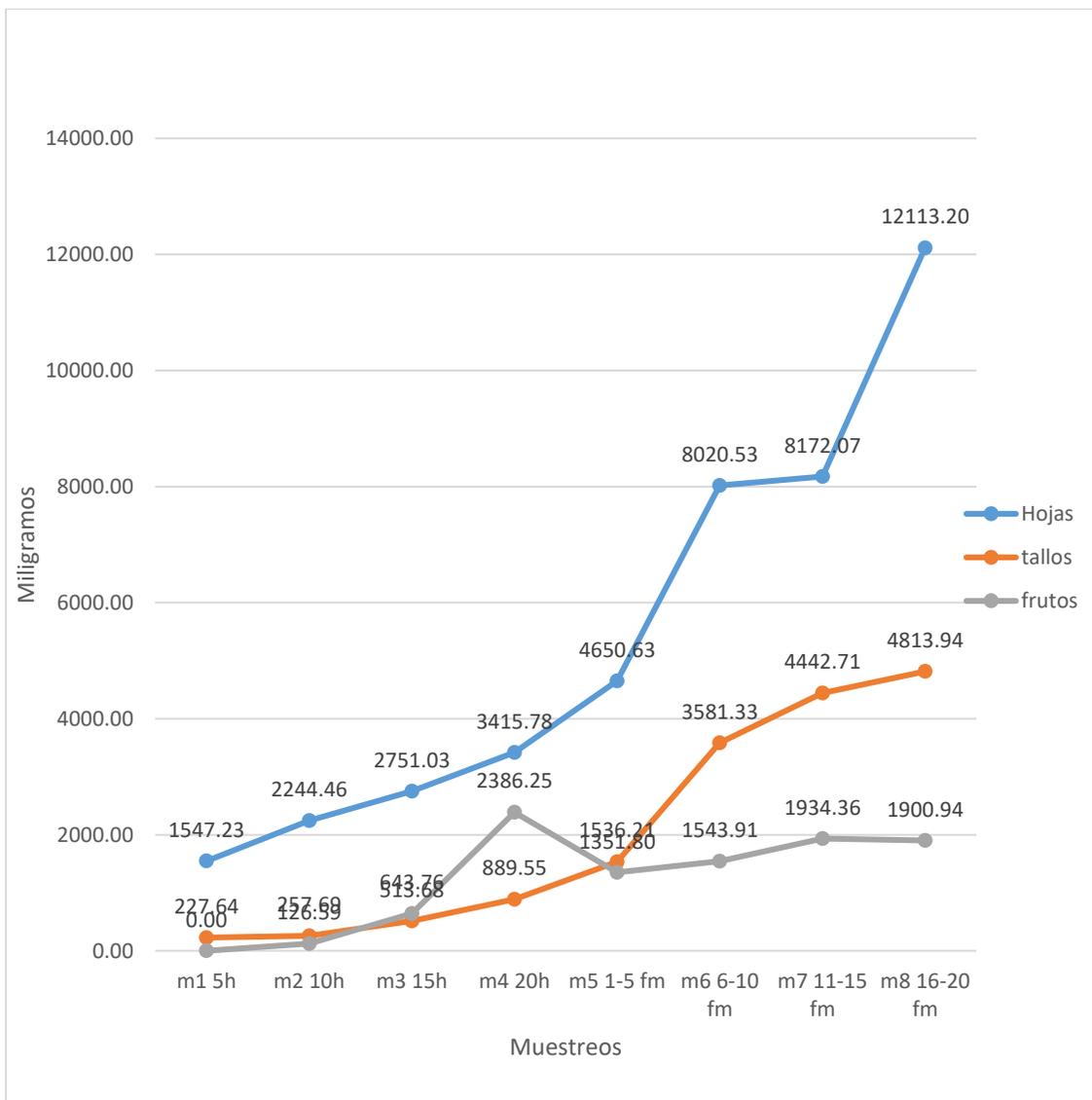
Figura 8. Acumulación de magnesio en higuera



Nitrógeno

La acumulación de nitrógeno en las hojas tuvo un comportamiento positivo, con respecto a los muestreos, teniendo una mayor acumulación en los muestreos 5, 6, 7 y 8 en los tallos de higuera la acumulación es positiva en todo el crecimiento del cultivo, sus valores son bajos con respecto a la acumulación en las hojas sin embargo en un elemento importante en la formación de tejidos en los tallos; La acumulación de nitrógeno en frutos nuevamente mostro un comportamiento en el muestreo 4, seguido por una disminución en los demás muestreos debido a la maduración de los frutos (Figura 9).

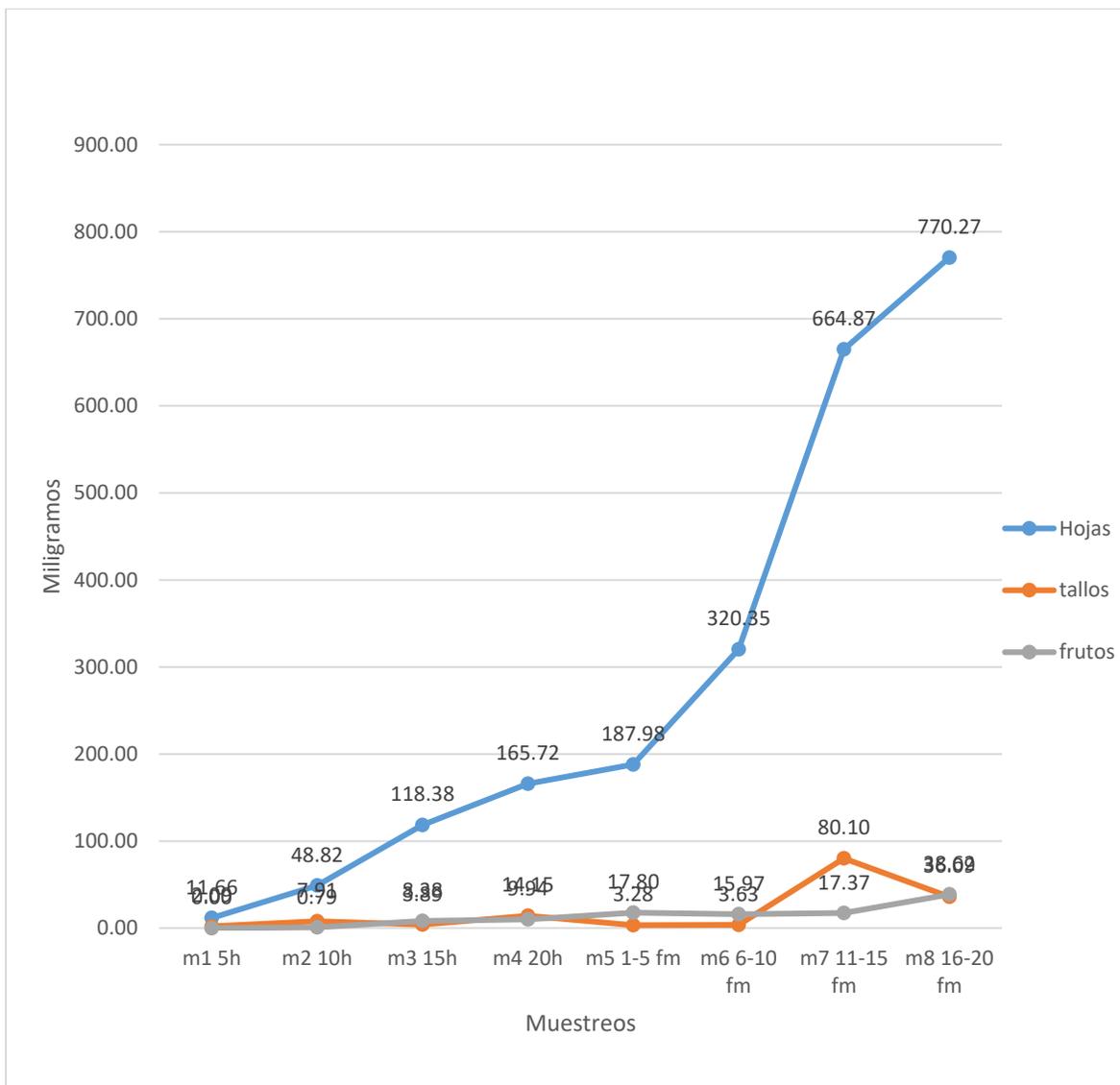
Figura 9. Acumulación de nitrógeno en higuera



Azufre

La acumulación de azufre en las hojas es mínimo pero su comportamiento así como anteriores nutrimentos es de manera positiva, teniendo su máximo expresión en los muestreos 6, 7 y 8; En tallos tiene un aumento considerable en el muestreo 4, sin embargo en el muestreo 7 y 8 su comportamiento es anormal: La acumulación de azufre en frutos se comportó en todo el desarrollo del cultivo de manera positiva a partir del muestreo 3, se puede observar que en los muestreo 6 y 7 se tiene una disminución con respecto al muestreo 5 u 8 (Figura 10).

Figura 10. Acumulación de azufre en higuera

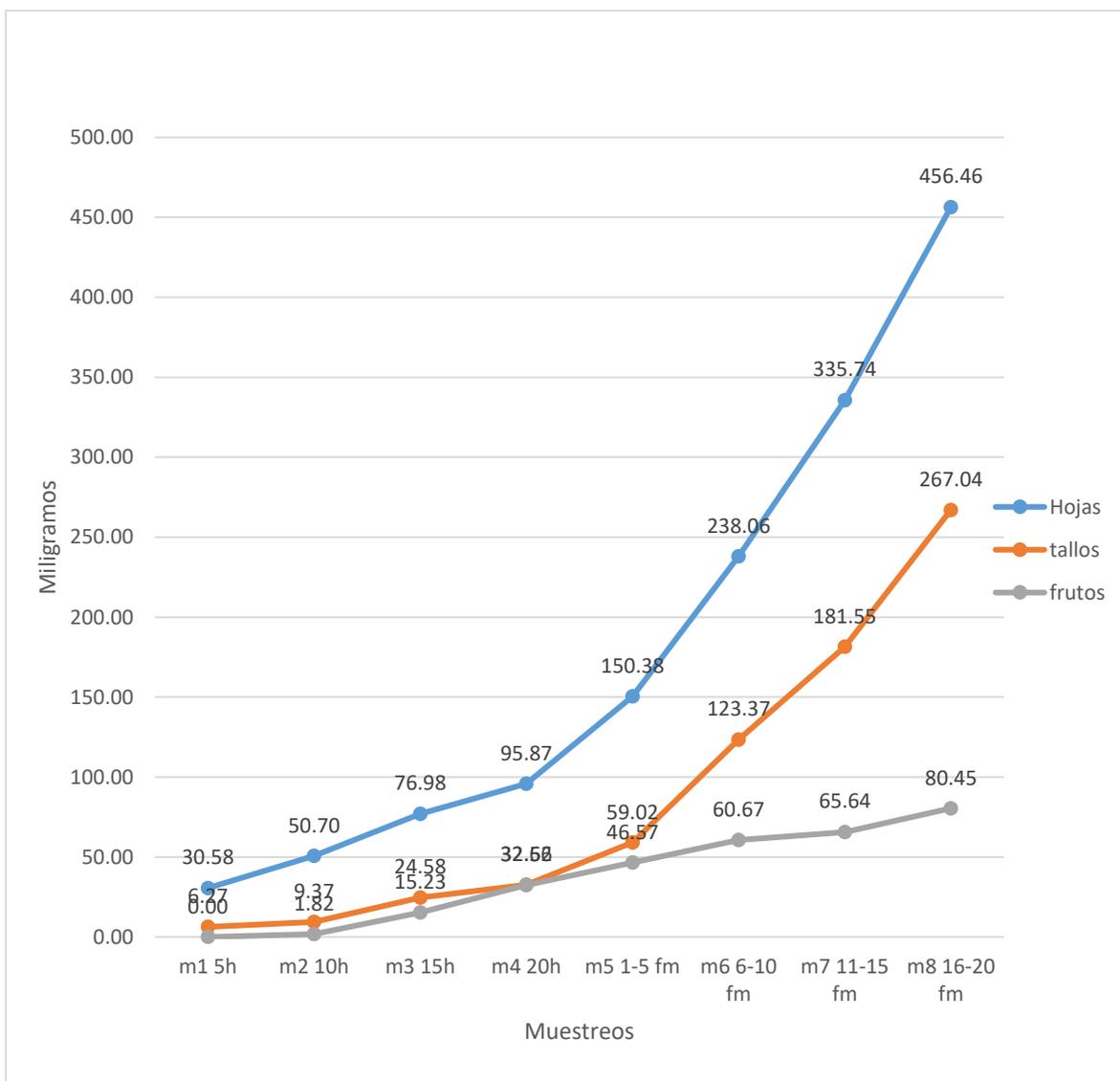


Micronutrientes

Boro

La acumulación de boro en las hojas se comporta de manera positiva, Aumentando considerablemente a partir del muestro 5; En el tallo se presentó de manera positiva en todo los muestreos, sin anomalías; La acumulación de boro en fruto se comportó de manera positiva en todo el desarrollo del cultivo y los muestreos (Figura 11).

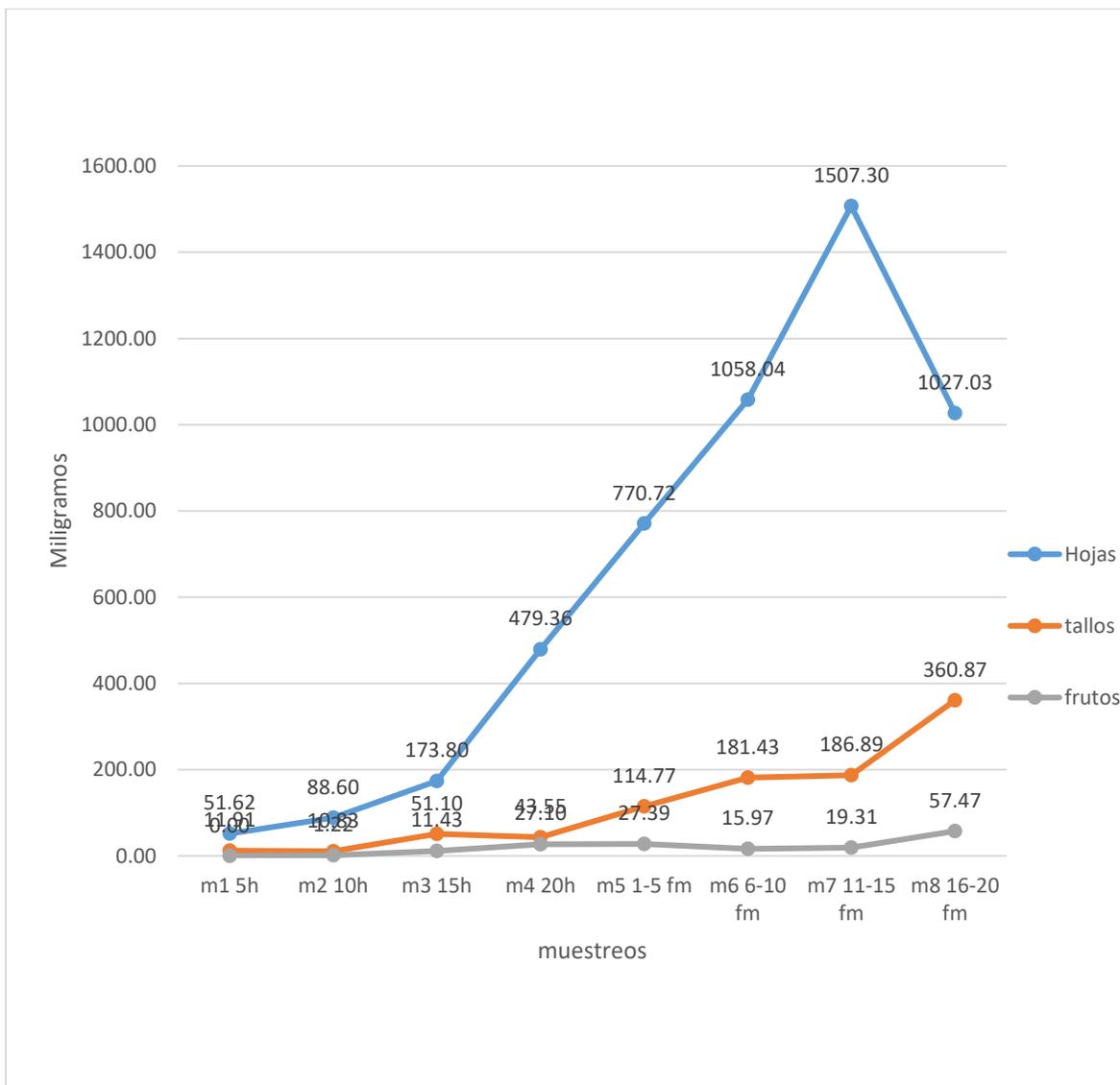
Figura 11. Acumulación de boro en higuera



Sodio

La acumulación de sodio en las hojas muestra un crecimiento ente los muestreo 1 al 7, sin embargo en el muestreo 8 se tiene una disminución del nutrimento; En los tallos es positiva a través del crecimiento del cultivo, teniendo un crecimiento después del muestreo 4; La acumulación de sodio en los frutos muestra un repunte en los muestreo 3, 4, y 5 mientras que en los muestreos 6 y 7 se presenta una disminución. En el muestreo 8 se tiene una acumulación impresionante del nutrimento debido a la finalización del ciclo de producción (Figura 12).

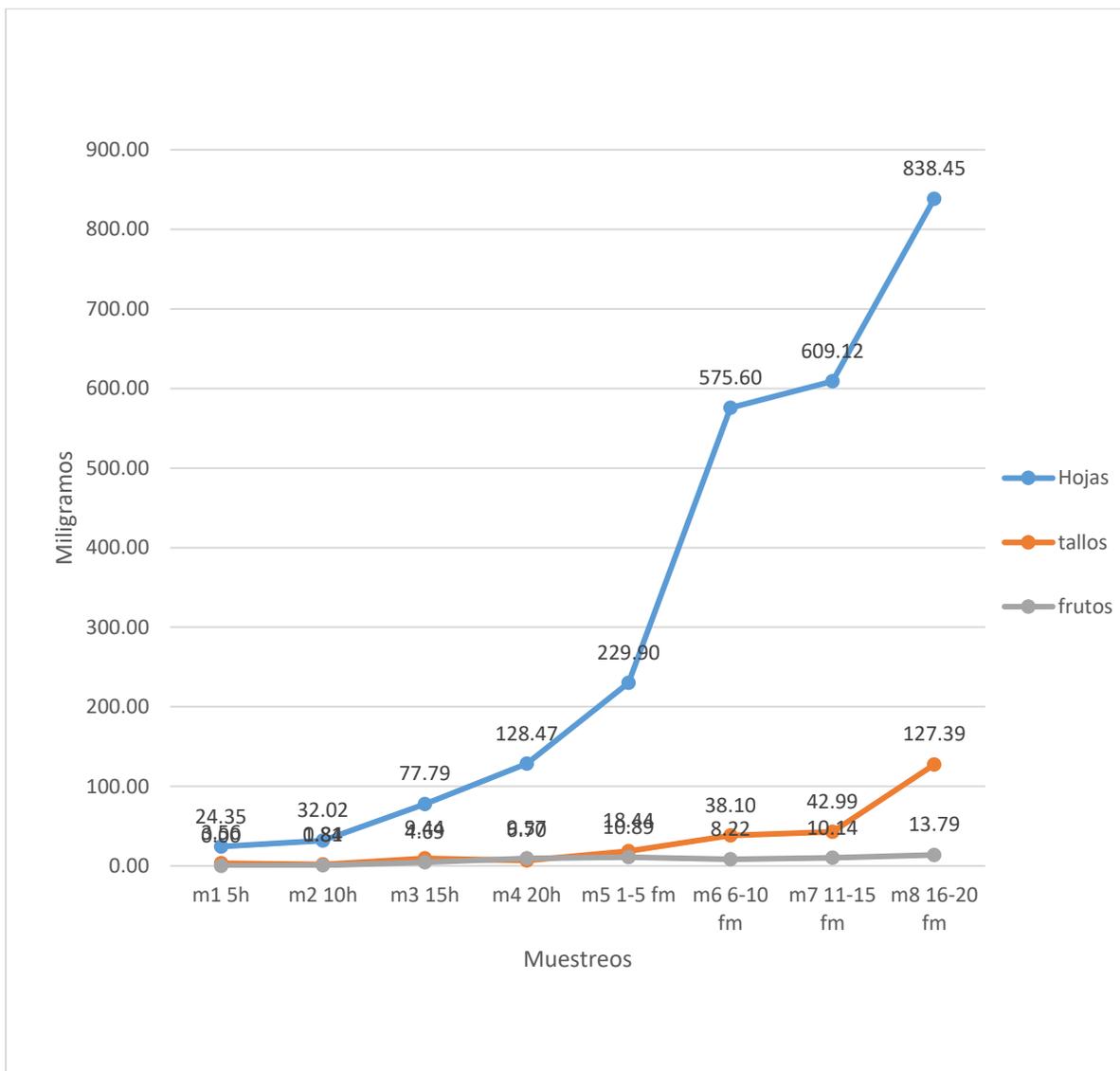
Figura 12. Acumulación de sodio en higuera



Hierro

La acumulación de hierro en las hojas tuvo un incremento en todo el ciclo, destacando el aumento entre el muestreo 5 y 6; En tallos mostro un aumento en los muestreo 5, 6 y 7, sin embargo en el muestreo 8 su aumento fue casi tres veces mayor al anterior muestreo; La acumulación del hierro en el desarrollo del cultivo presento un aumento en los muestreos 2, 3, 4 y 5, sin embargo disminuyo en los muestreos 6 y 7, mientras que en el aumento nuevamente (Figura 13). En los frutos su comportamiento fue positivo con respecto al crecimiento de estos.

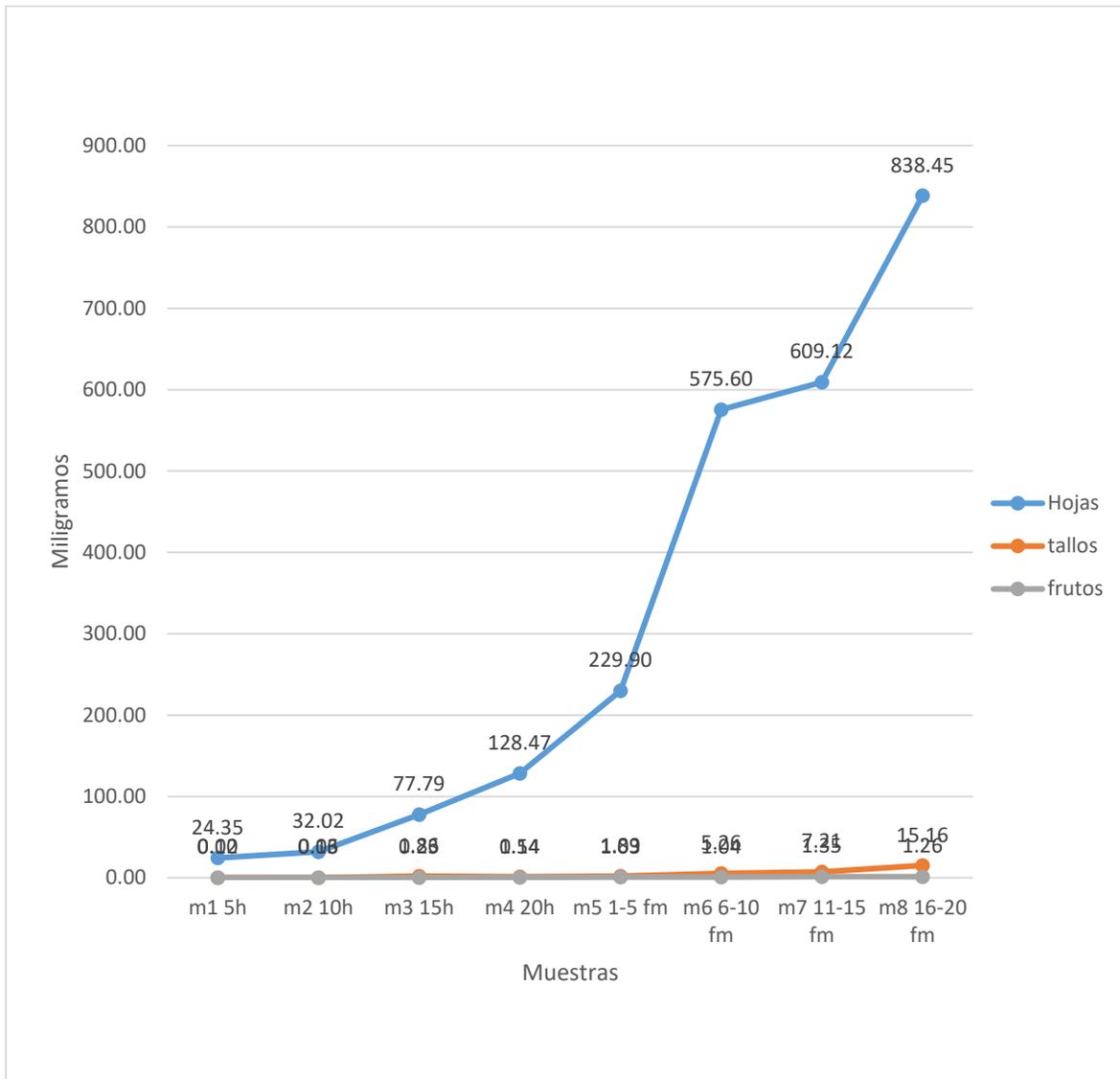
Figura 13. Acumulación de hierro en higuera



Cobre

La acumulación de cobre en las hojas tiene un incremento importante a partir del muestreo 5; En los tallos se comportó de manera positiva en todo el desarrollo del cultivo, sin embargo después del muestreo 5 aumentos considerablemente; La acumulación de cobre e los frutos tiene una expresión positiva en todos los muestreos (Figura 14).

Figura 14. Acumulación de cobre en higuera

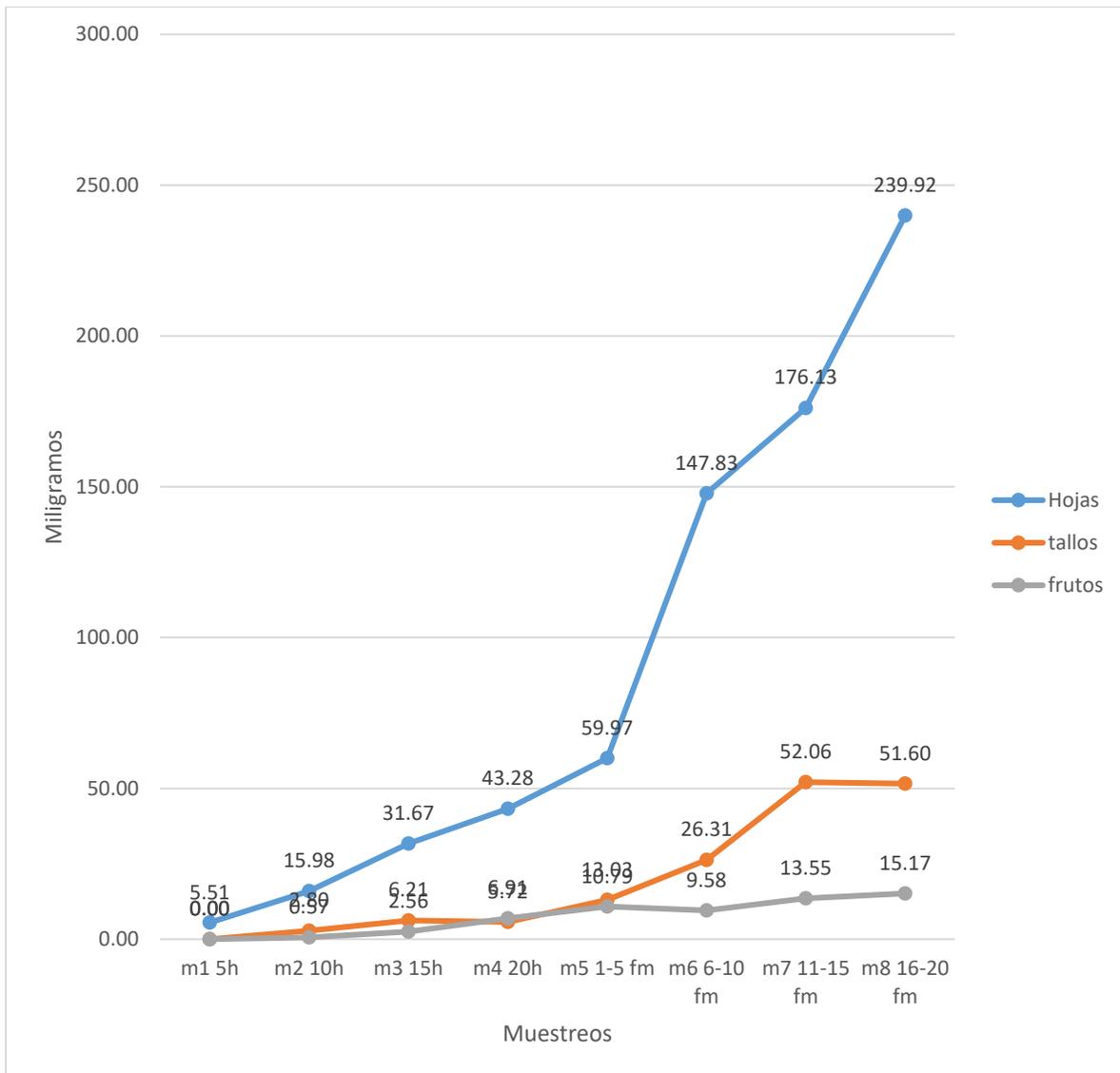


Manganeso

La acumulación de manganeso en las hojas es tiene relación con el crecimiento del cultivo, sin embargo entre el muestreo 5 y el 6 se observa un incremento considerable; En los tallos tiene un comportamiento positivo en la mayor parte del muestreo, sin embargo se mantuvieron los valores en los muestreos 7 y 8.

La acumulación de manganeso en el fruto tiene una expresión positiva en casi todos los muestreos, sin embargo en el muestreo 6 se tiene una disminución con respecto a anterior y posterior muestreo (Figura 15).

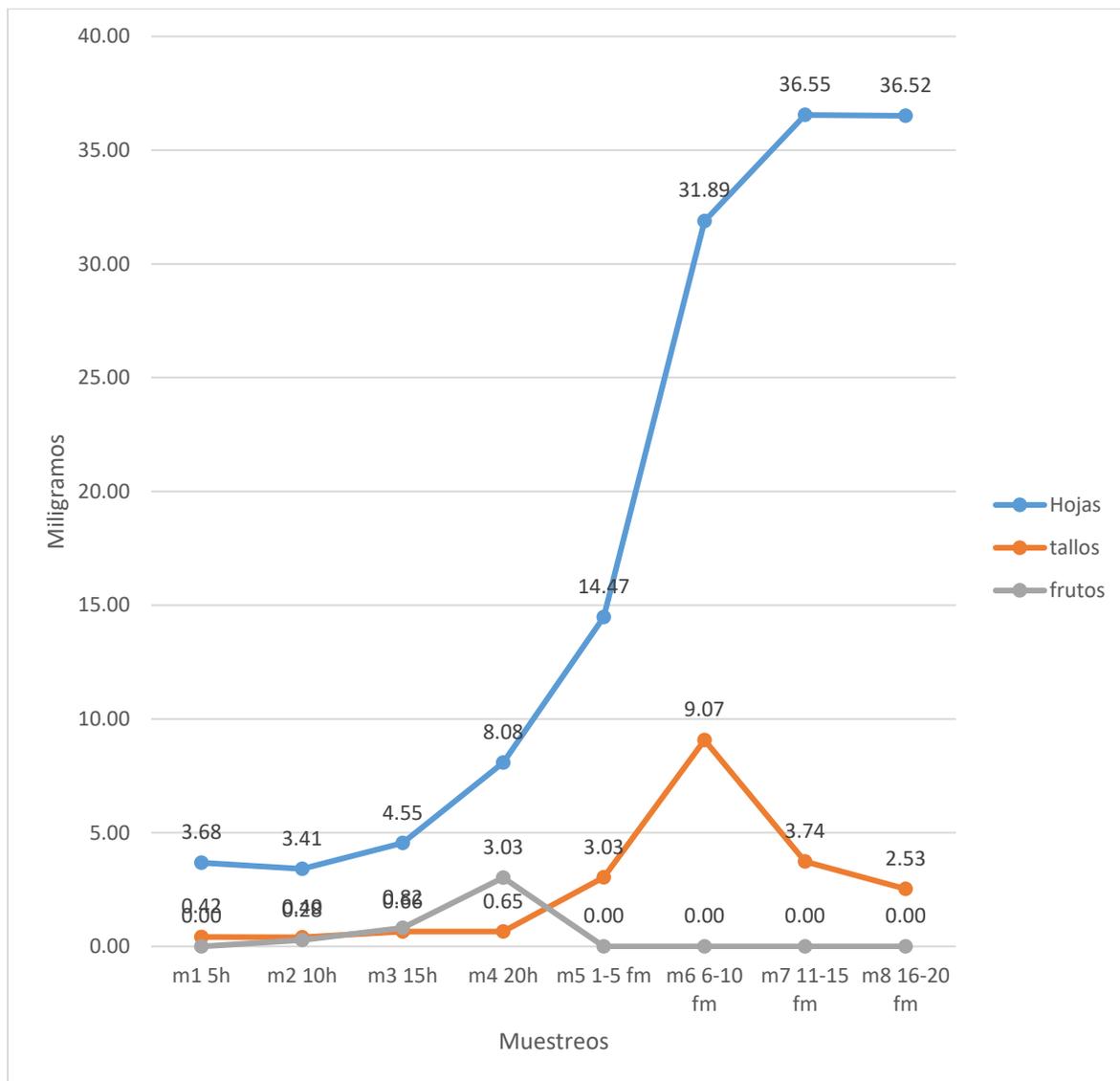
Figura 15. Acumulación de manganeso en higuera



Zinc

La acumulación de zinc en las hojas tiene un comportamiento sigmoideal, teniendo un incremento considerable desde el muestreo 4 al 7; En los tallos mostro un crecimiento en los muestreos 4, 5 y 6. En los muestreos posteriores existe un descenso debido a la translocación de nutrimento a otros órganos. La acumulación de zinc en los frutos presenta un crecimiento en los muestreos 2, 3 y 4, sin embargo en los análisis de laboratorio no se obtuvo el mínimo detectable para los equipos en el muestreo 5, 6, 7 y 8 (Figura 16).

Figura 16. Acumulación de zinc en higuera

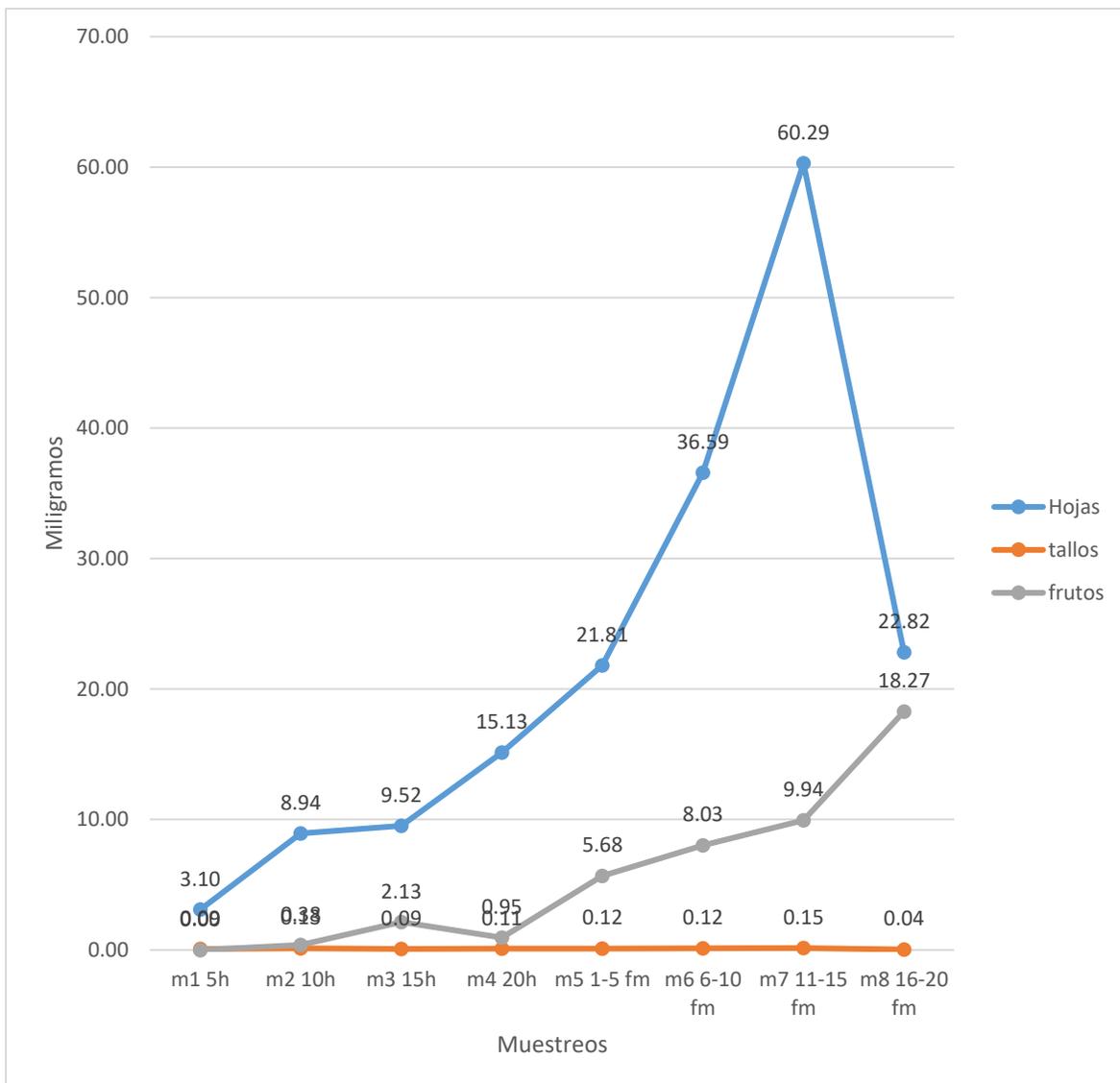


Molibdeno

La acumulación de molibdeno en las hojas se comportó positivamente desde el muestreo 1 hasta el muestro 7 sin embargo en el último muestreo se observa una disminución considerable; En los tallos se comportó positivamente en los muestreos 1-7, pero en el último muestreo se tuvo un descenso de nutrimento.

La acumulación de molibdeno aumento de manera considerable a partir del muestreo 5 que está relacionado con la maduración de los frutos (Figura 17).

Figura 17. Acumulación de molibdeno en higuera

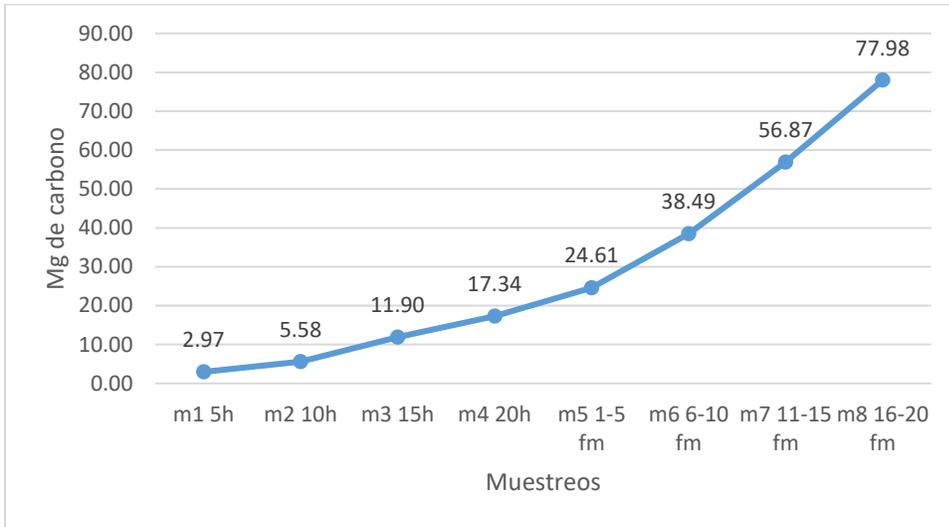


Macronutrientes totales

Carbono

Acumulación de carbono en todos los órganos muestra una curva ascendente en todos los muestreos (Figura 18).

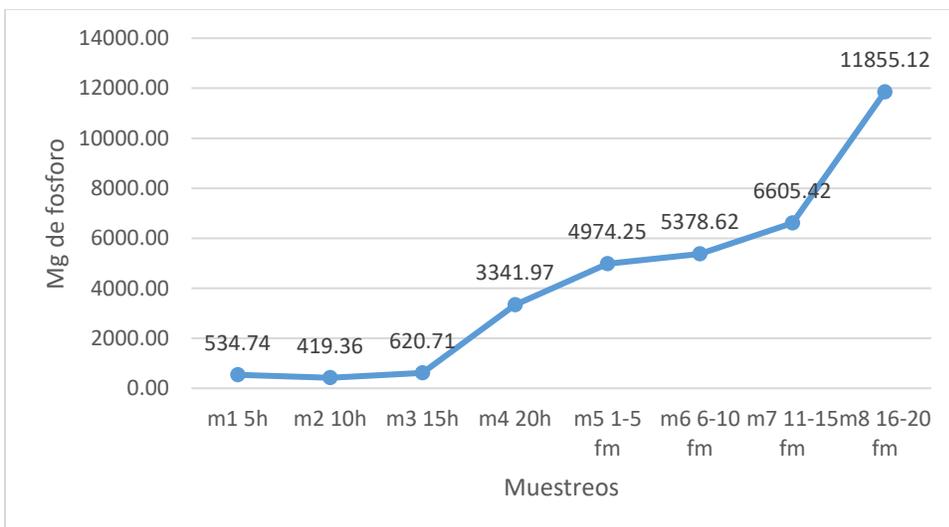
Figura 18. Acumulación total de carbono en el cultivo de la higuera.



Fósforo

La curva de fósforo total presenta un incremento considerable a partir del muestreo 3-8 (Figura 19).

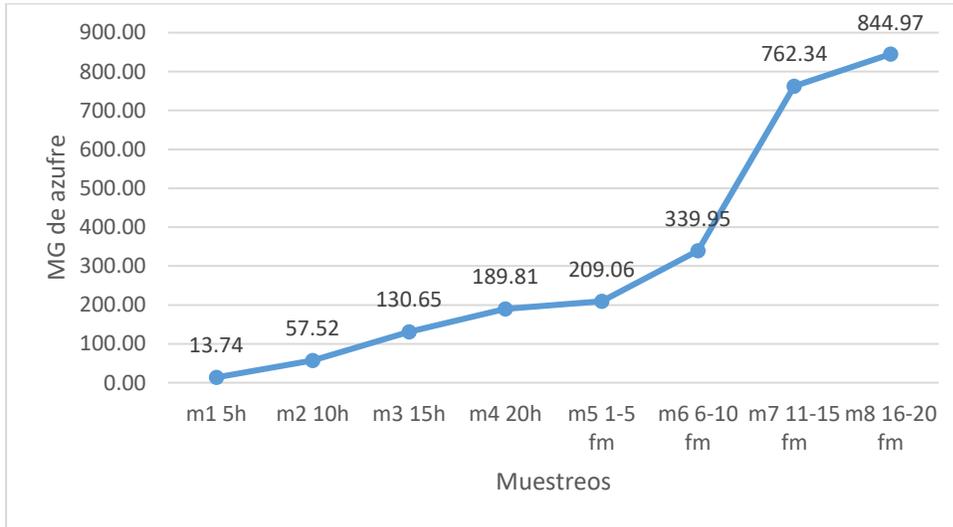
Figura 19. Acumulación total de fósforo en el cultivo de la higuera.



Azufre

La expresión del azufre acumulado se muestra desde el muestreo 1 hasta los últimos muestreos con aumentos en cada uno de ellos (Figura 20).

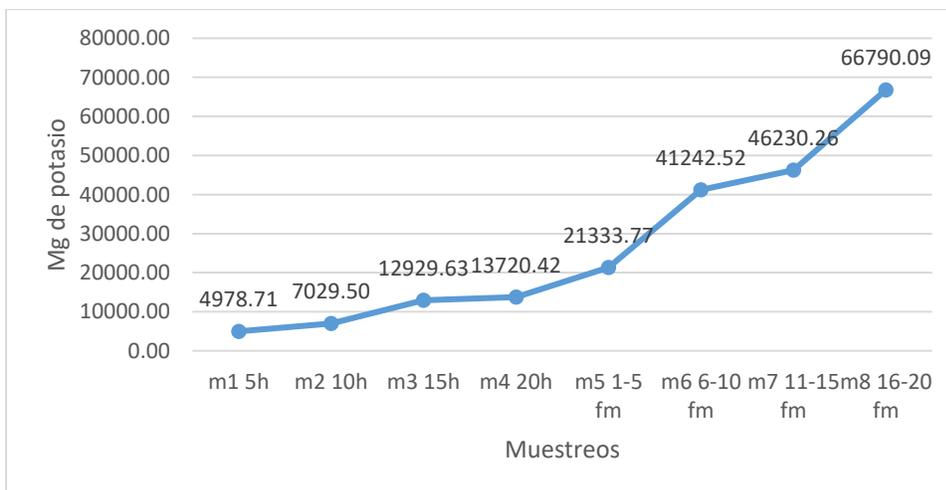
Figura 20. Acumulación total de azufre en el cultivo de la higuera.



Potasio

La acumulación de potasio en la planta de higuera es positivo conforme al crecimiento de las plantas en todos los muestreos, siendo la mayor acumulación después del muestreo 5- 8 (Figura 21).

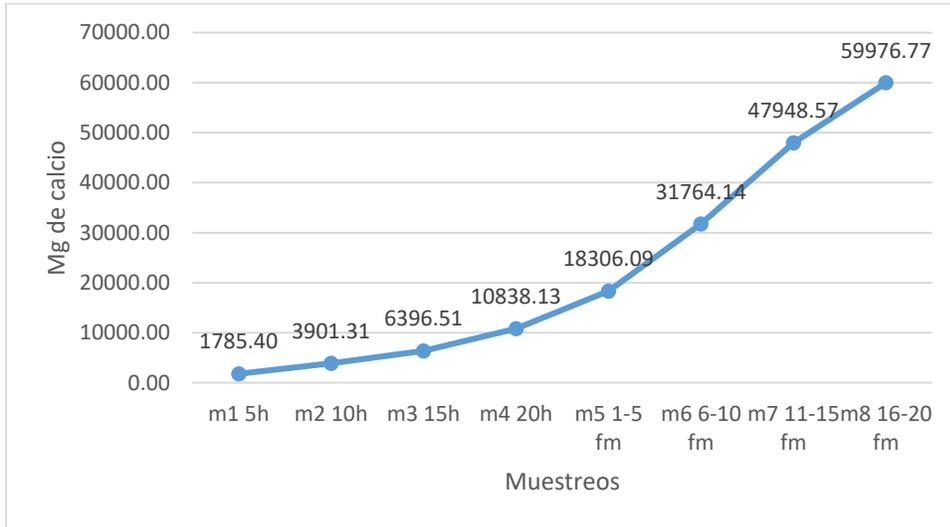
Figura 21. Acumulación total de potasio en el cultivo de la higuera.



Calcio

La acumulación de calcio tuvo un comportamiento contante en todo el ciclo del cultivo (Figura 22).

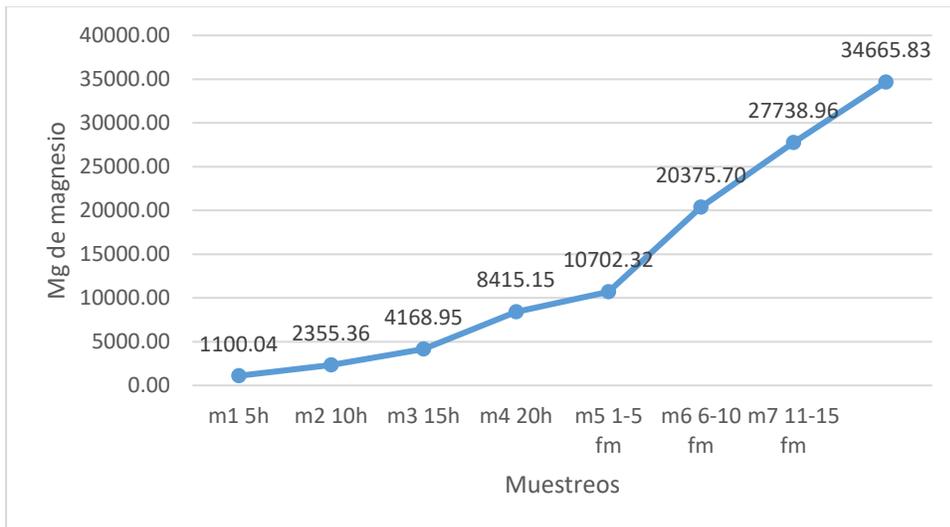
Figura 22. Acumulación total de calcio en el cultivo de la higuera.



Magnesio

La acumulación de magnesio tiene un aumento importante en los muestreos 5-8, cuando se desarrolló por completo el crecimiento de las hojas (Figura 23).

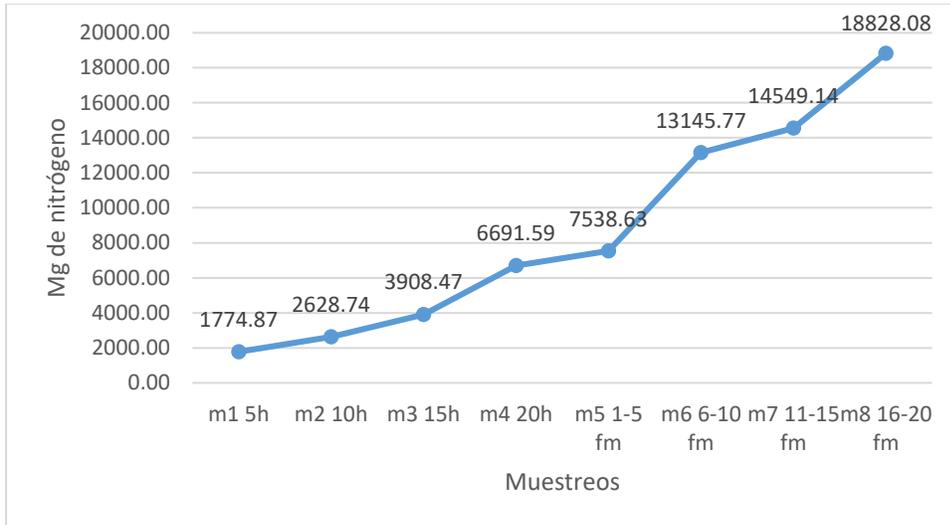
Figura 23. Acumulación total de magnesio en el cultivo de la higuera.



Nitrógeno

La acumulación de nitrógeno en el cultivo fue positiva en todos los muestreos, sin embargo en el muestreo 5 se percibe una disminución de la acumulación (Figura 24).

Figura 24. Acumulación total nitrógeno en el cultivo de la higuera.

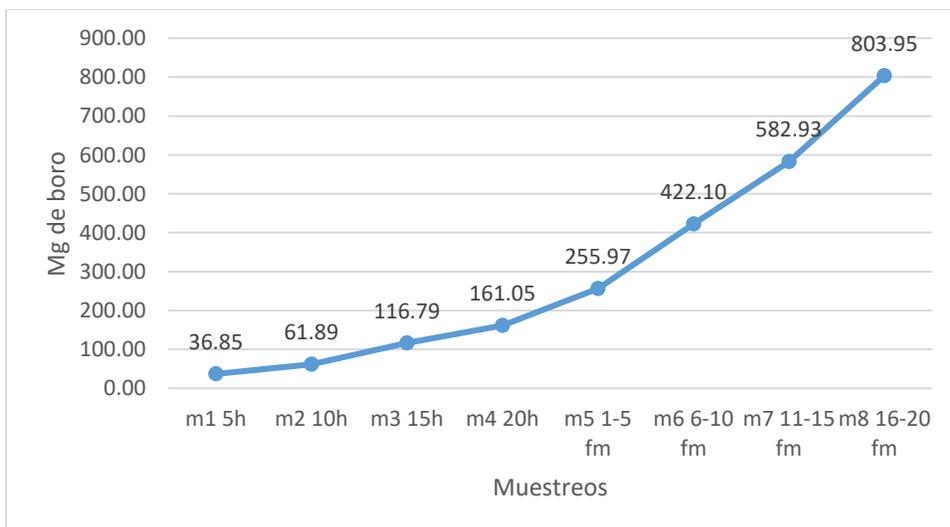


Micronutrientes totales

Boro

La acumulación en el cultivo de boro mantuvo un comportamiento positivo en todos los muestreos (Figura 25).

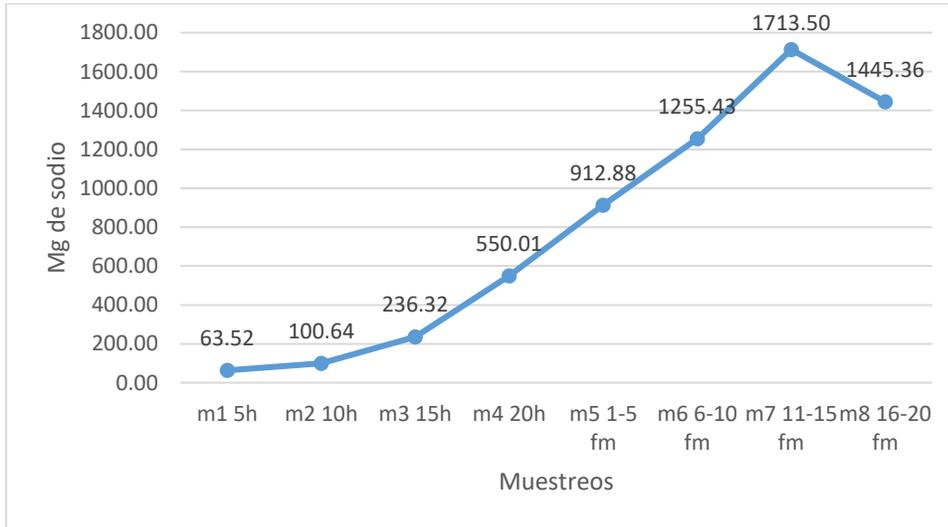
Figura 25. Acumulación total de boro en el cultivo de la higuera.



Sodio

La acumulación de sodio en la planta se incrementó en los muestreos 2-7, sin embargo en el muestreo 8 tiene una disminución (Figura 26).

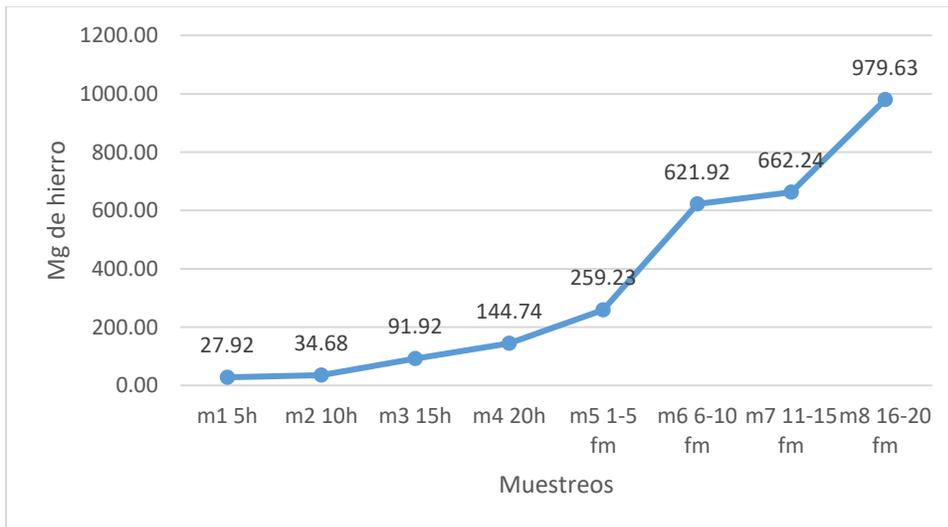
Figura 26. Acumulación total de sodio en el cultivo de la higuera.



Hierro

La acumulación de hierro en la planta aumento considerablemente después del muestreo 5 (Figura 27).

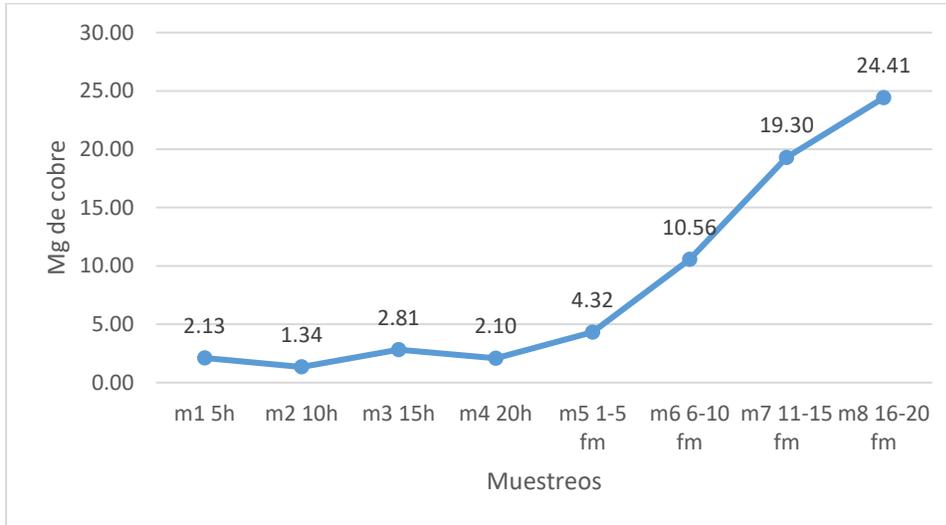
Figura 27. Acumulación total de hierro en el cultivo de la higuera.



Cobre

La acumulación de cobre en el cultivo tuvo comportamiento extraños en el primer muestreo (1-4), sin embargo después del muestreo 5 se tiene un incremento considerable (Figura 28).

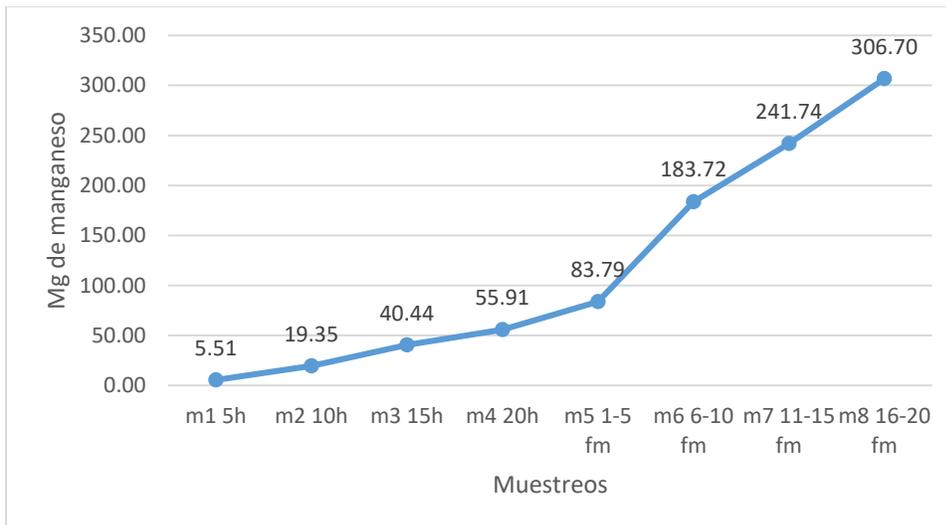
Figura 28. Acumulación total de cobre en el cultivo de la higuera.



Manganeso

La acumulación de manganeso incremento en todos los muestreos (Figura 29).

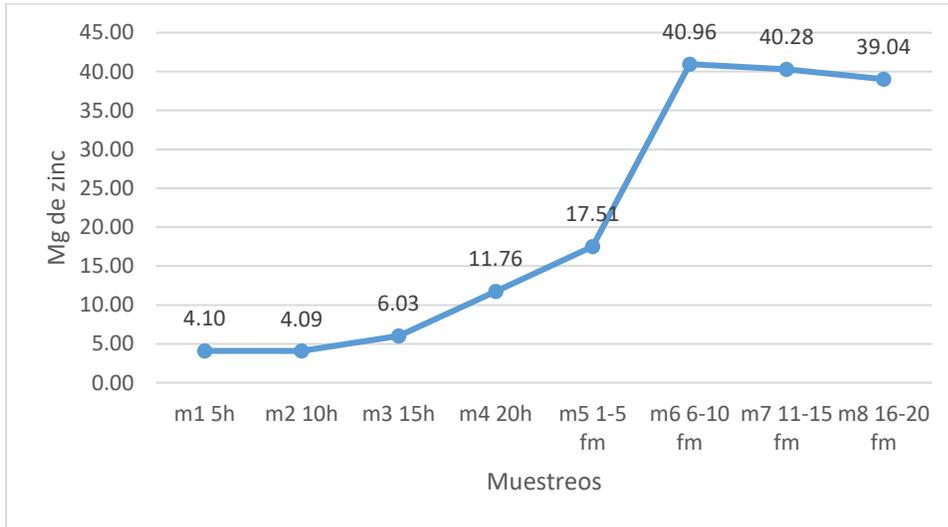
Figura 29. Acumulación total de manganeso en el cultivo de la higuera



Zinc

La acumulación de zinc aumento después del muestreo 4 hasta el 6, sin embargo en los muestreo 7 y 8 se tuvo una leve disminución (Figura 30).

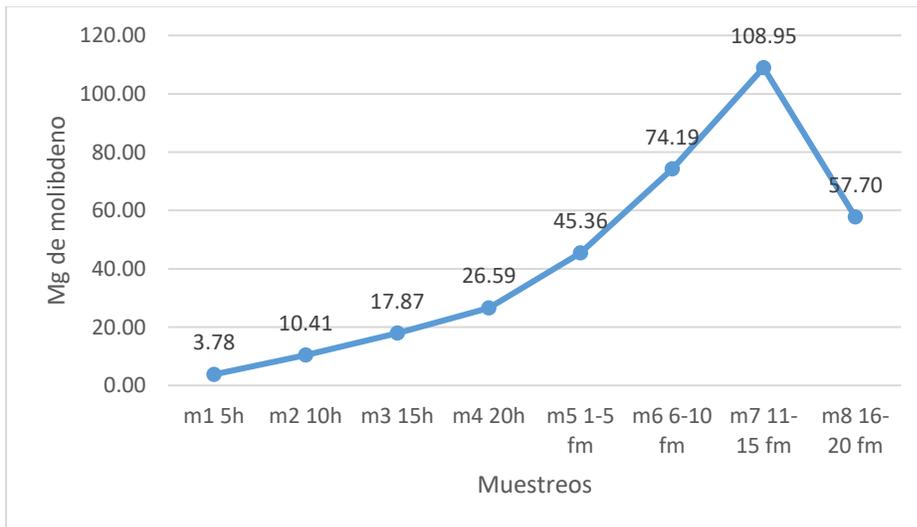
Figura 30. Acumulación total de zinc en el cultivo de la higuera.



Molibdeno

La acumulación de molibdeno en el cultivo incremento durante todo el desarrollo del cultivo, pero en el muestreo 8 se tiene una disminución (Figura 31).

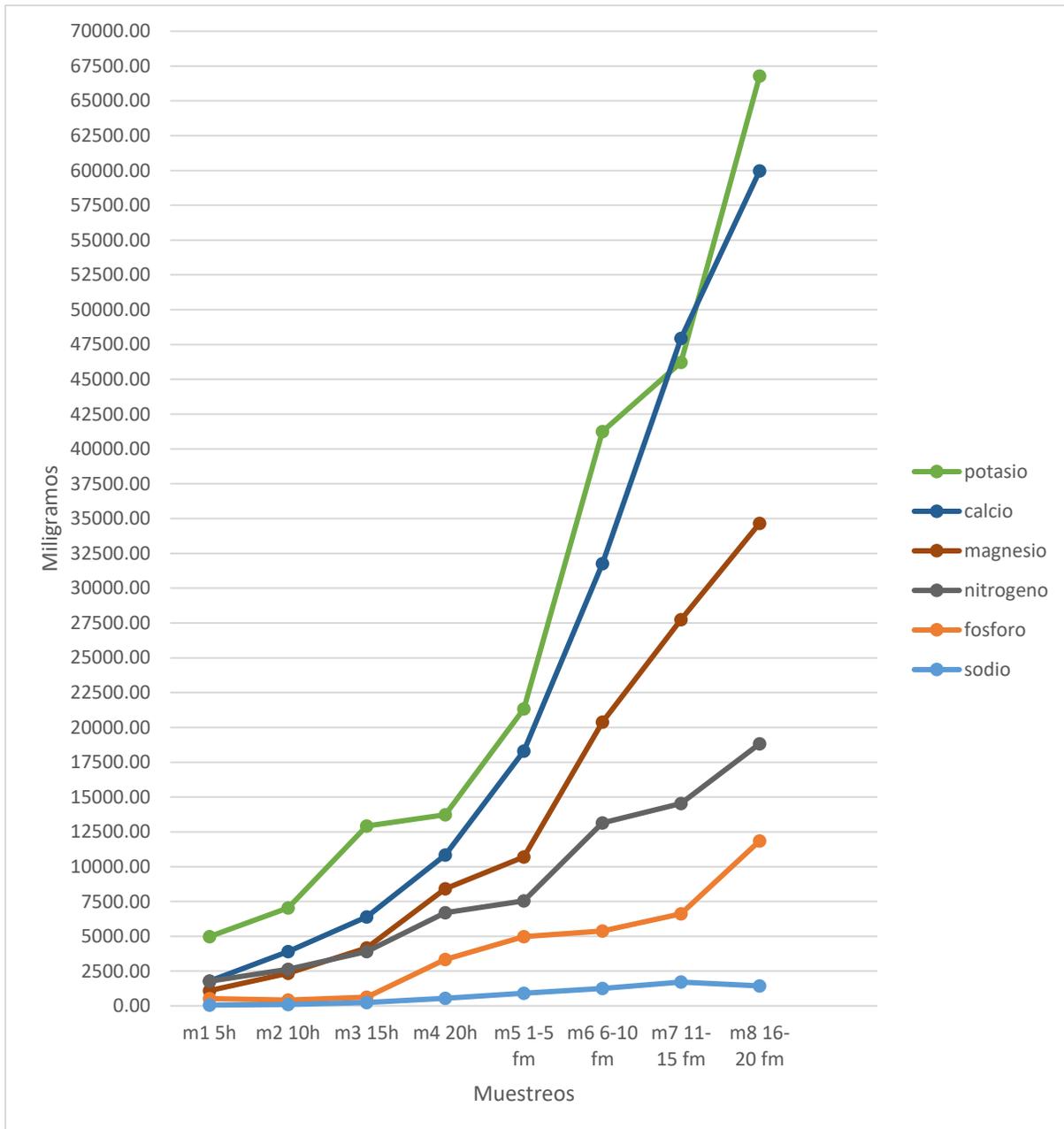
Figura 31. Acumulación total de molibdeno en el cultivo de la higuera



5.4. Gráfica general (Nutrimentos)

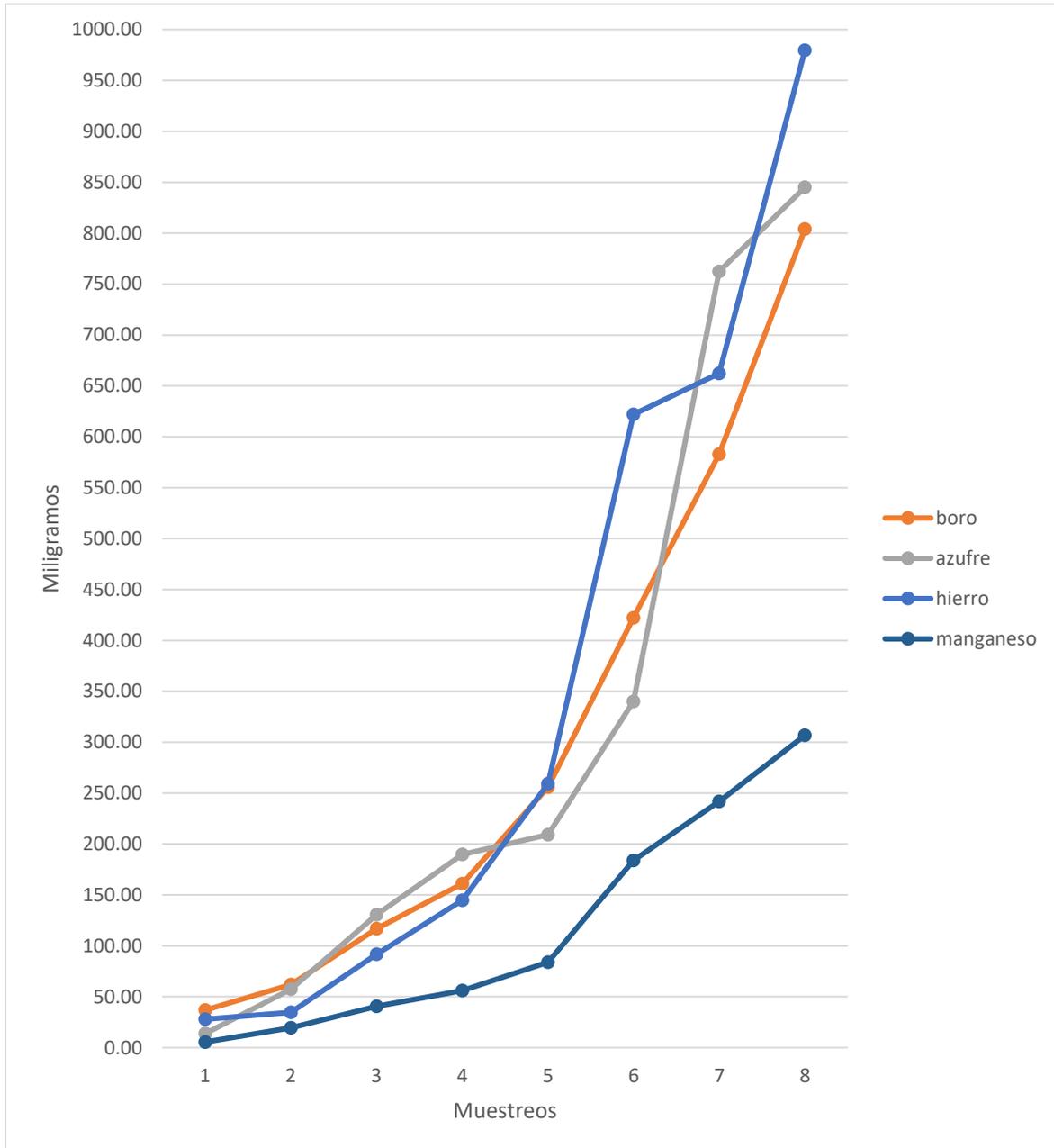
La Figura 32 muestra la relación entre la acumulación de los nutrimentos respecto a la materia seca y su relación.

Figura 32. Acumulación de potasio, calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y sodio, en el cultivo de la higuera



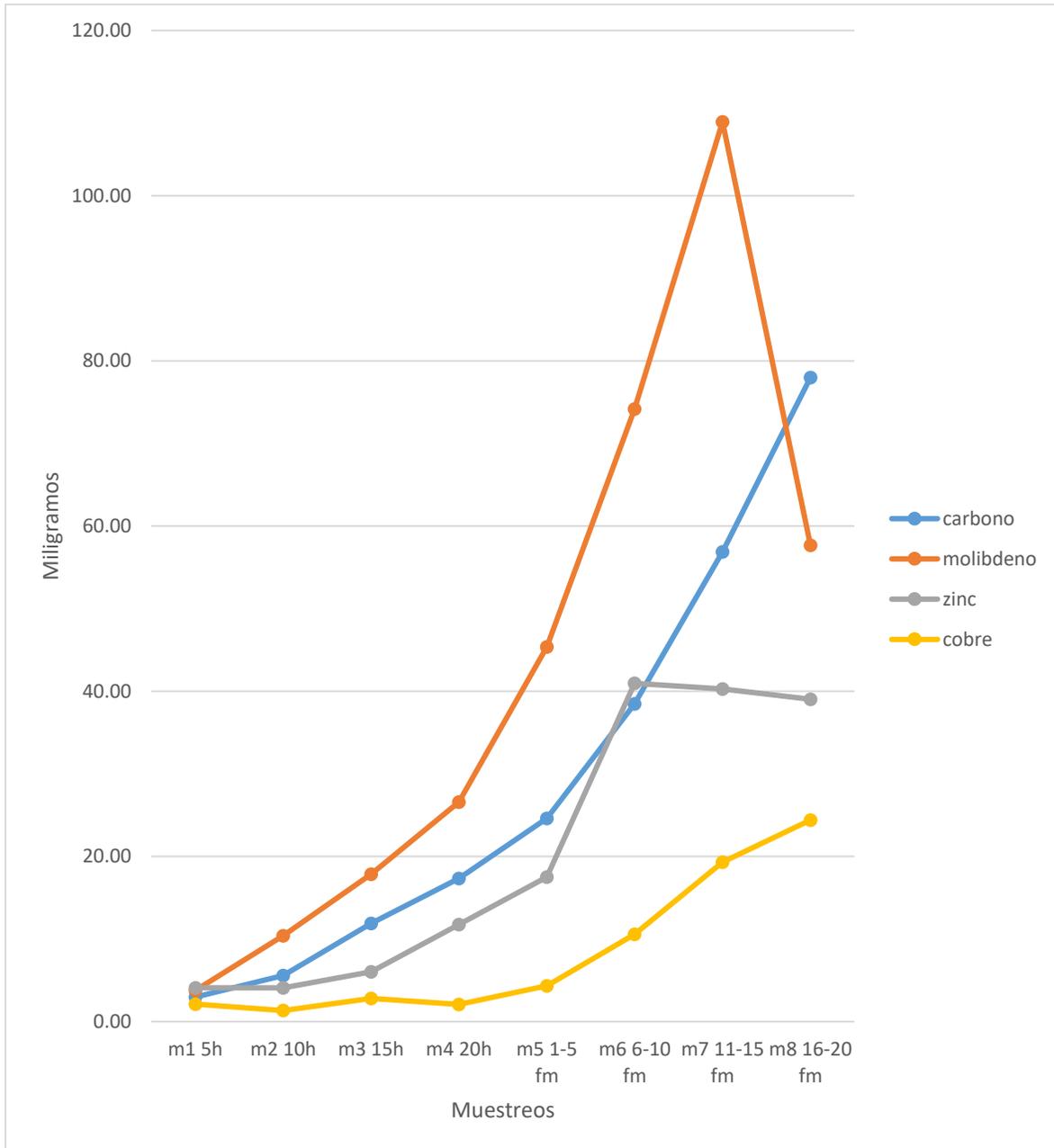
La Figura 33 muestra el comportamiento del nutriente en el cultivo de higuera teniendo valores medios de acumulación.

Figura 33. Acumulación de boro, azufre, hierro y manganeso en el cultivo de la higuera



La Figura 34 muestra el comportamiento de nutrientes con baja acumulación.

Figura 34. Acumulación de carbono, molibdeno, zinc y cobre en el cultivo de la higuera



Cuadro 20. Concentraciones de nutrientes en el cultivo de la higuera, expresados en g* kg⁻¹ de materia seca o biomasa producida

g*kg ⁻¹ de nutrimentos en el cultivo de higuera cv. Netzahualcóyotl								
Nutrimentos	m1 5h	m2 10h	m3 15h	m4 20h	m5 1-5 fm	6 6-10 fm	m7 11-15 fm	m8 16-20 fm
potasio	184.83	120.77	146.60	111.00	120.80	146.05	111.40	123.90
calcio	60.20	78.53	70.43	84.83	100.90	107.35	115.79	107.04
nitrógeno	62.08	61.66	48.30	59.53	43.98	46.83	36.33	36.17
magnesio	37.65	45.93	46.11	65.20	58.87	69.15	67.45	61.69
fosforo	22.06	11.05	8.56	34.35	34.23	27.58	26.81	37.41
sodio	2.37	1.83	2.67	4.20	5.00	4.20	4.10	2.55
hierro	0.98	0.67	1.00	1.11	1.42	2.12	1.61	1.71
boro	1.35	1.32	1.43	1.36	1.50	1.53	1.49	1.52
azufre	0.49	1.08	1.41	1.45	1.15	1.20	1.85	1.57
manganeso	0.17	0.41	0.45	0.45	0.50	0.64	0.54	0.56
molibdeno	0.14	0.23	0.23	0.22	0.27	0.26	0.27	0.14
zinc	0.14	0.11	0.07	0.10	0.10	0.13	0.10	0.07
carbono	0.11	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15
cobre	0.07	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04

VI. DISCUSIÓN

La absorción de carbono en los órganos de la higuera fue mayor en el caso de las hojas>tallos>frutos, esto se debe a que las hojas son el órgano encargado de la fotosíntesis, proceso en el cual se fija en carbono. La diferencia en la absorción entre hojas y tallos es mínima debido que los tallos son una zona de reserva para el cultivo. Las diferencias también se pueden explicar debido a la materia seca obtenida de cada uno de los órganos (Cuadro 19). En la absorción de carbono no se tiene una cita de comparación por lo que esta investigación tiene como aporte los datos antes mostrados en la Figura 4.

En el caso de fósforo los frutos tuvieron mayor cantidad de este nutrimento, seguido de las hojas y por último los tallos. Teniendo casi 3 veces más los frutos que los tallos y dos veces más que las hojas (Figura 5).

Para la absorción de potasio se observa que las hojas tienen la mayor cantidad de nutriente seguido de los tallos y por último los frutos, la relación que guardan es de 4 veces más entre tallos a hojas y de 12 veces de frutos a hojas (Figura 6) esto se le atribuye a que el potasio es un nutrimento que realiza funciones como la regulación en la apertura de los estomas, además de ayudar en la transportación de los fotosintatos a las zonas de demanda.

En la absorción de calcio las hojas muestran la mayor cantidad de nutrimento seguido de los tallos y por último los frutos (Figura 7). Esto se debe a que el calcio es un mensajero secundario que se presenta en procesos como la apertura de los estomas en algún déficit hídrico.

En el caso del magnesio las hojas nuevamente tienen la mayor cantidad de nutrimento seguido por los tallos y al último los frutos, debido a que el magnesio es el centro estructural de la clorofila.

En la absorción del nitrógeno se muestra que la relación que tiene los órganos es de hoja> tallo>fruto por lo que las hojas es la parte encargada de realizar el proceso de

fotosíntesis de la planta, esto se relaciona a la concentración de clorofila en los tejidos, debido que el nitrógeno es parte estructural de la clorofila (Figura 9).

En el caso del azufre nuevamente se muestra que las hojas son la que presentan mayor concentración de este nutrimento, sin embargo para los tallos y los frutos su comportamiento fue similar (Figura 10).

En los resultados de los micronutrientos el comportamiento en boro, sodio, hierro, cobre, manganeso, zinc y molibdeno, fue mayor en las hojas con valores mayores a 2 veces la concentración en los demás órganos.

Sin embargo relación con la concentración de cobre los valores de los tallos y los frutos tiene un valor y comportamiento similar (Figura 14).

En los resultados obtenidos se puede destacar que la concentración de algunos nutrimentos en las hojas son diferentes con respecto a los reportado por Moreno *et al.* (1998), En este caso los nutrimentos como Azufre, Sodio, nitrógeno, hierro y cobre mantienen el intervalo de valor reportado; sin embargo en el caso de fosforo, potasio, calcio y zinc se obtuvieron valores por encima de los reportados y por último en el caso de manganeso es menor el valor, para el nutrimento molibdeno y carbono no se tiene una comparación (Cuadro 20).

Con la referencia de Brown (1994) los valores de los micronutrientos totales se mostraron iguales solo en el caso del boro, para el hierro, cobre, manganeso y zinc se obtuvieron valores mayores a los reportados. Para el caso de molibdeno no se tiene una referencia con este autor.

En el caso de Olivera *et al.* (2005a y 2006b) la concentración reportada en hojas de nitrógeno, azufre y fosforo en hojas se encuentra dentro del intervalo que obtuvimos en esta investigación, sin embargo para los nutrimentos como potasio, calcio y magnesio se tienen mayores valores.

Para el caso de los tallos se tiene valores similares para nitrógeno, azufre y fosforo, y en el caso de potasio, calcio y magnesio se obtuvieron valores mayores al autor. Para el órgano de frutos el comportamiento de nuestro cultivo tiene una sola similitud en el intervalo de concentración del nitrógeno, para el caso de magnesio, calcio, potasio y fosforo tenemos valores por encima de los publicados y en azufre el valor es menor.

En el caso de Khan *et al.* (2011) el nutrimento con mayor concentración en el cultivo de higuera es el potasio, en nuestra investigación también el potasio fue el nutrimento con mayor concentración en el cultivo.

VII. CONCLUSIONES

La acumulación de materia seca y la absorción de macronutrientes en la higuera *Ficus carica* L. var. Netzahualcóyotl indican que la mayor demanda nutrimental se presenta entre las etapas de los muestreos 4-8, que coincide con la etapa vegetativa-generativa y es posterior a la poda apical (pinch). La acumulación total de macronutrientes coincide con la acumulación de masa seca de la planta.

El K y el Ca son los nutrimentos más absorbidos por la higuera, por otro lado, los macronutrientes menos absorbidos fueron S y F.

El órgano que tuvo mayor absorción fue el tallo, seguido por las hojas y frutos.

Tanto en tallos y hojas los macronutrientes mayor absorbidos fueron K y Ca respectivamente, lo que demuestra la importancia de estos nutrimentos para la translocación de fotosintatos a las zonas de demanda, así como la importancia del calcio como parte estructural del tallo, el órgano encargado de almacenar reservas para el próximo periodo de crecimiento.

En los frutos, los nutrimentos con mayor absorción fueron P y K siendo ambos importantes para el desarrollo, crecimiento y maduración de los frutos, los cuales en esta investigación son el órgano de importancia económica.

Sin embargo, es importante realizar estudios en otros sistemas de producción como campo abierto- suelo, campo abierto- sustrato, sistemas protegidos- suelo, entre otros más, para conocer mejor el comportamiento de este cultivar. Así mismo se requiere de la investigación en otras variedades comerciales para tener conocimiento de su comportamiento en los distintos sistemas de producción del mundo.

VIII. LITERATURA CITADA

- INCAP, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (2012) Tabla de composición de alimentos de Centro América. Serviprensa, S. A. Guatemala. 128 p.
- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (2017) Producción Agropecuaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Alcántar, G. G., y Trejo-Téllez, L. I. (2009). *Nutrición de cultivos*. Méxicp: Mundi Prensa.
- Alejo, S. G., Aburto, G. C., Sánchez, M. A., y Navarrete, V. A. (2016). Eficiencia productiva en la nutrición de los frutales. *Educatconciencia*, 12(13), 73-81.
- Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., Sálcido-Pérez, E., Sánchez-Hernández, R., y Aburto-González, C. (2015). Dinámica de crecimiento y extracción nutrimental del fruto de litchi (*Litchi chinensis sonn*) cv. Brewster. *Sistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 1-12.
- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T., & Cervantes-Urbán, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x Ananassa Duch.*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(3), 519-524.
- Beck, N. G., y Lord, E. M. (1988). Breeding system in *Ficus carica*, the common fig II. Pollination events. *Am. J. Bot*, 75, 1913-1922.
- Bennett, W. F. (1994). *Nutrient deficiencies and Toxicities in Crop Plant*. St. Paul, MN: The American Phytopatological Society.
- Berg, C. C. (2003). Flora malesiana precursor for the tratment of Moracea 1: the main subdivision of *Ficus*: the subgenero. *Blumea-Biodiversity*, 48(1), 166-177.
- Brown, P. H. (1994). Seasonal variarions in fig (*Ficus carica* L.) leaf nutrient concentrations. *HortScience*, 29(8), 871-873.
- Calvache, U. M., Avellán-Vásquez, L., y Cobeña-Loor, N. (2014). *Extracción de micronutrientes según la fenología del plátano barraganete (Musa paradisiaca L)*. VII congreso Sudamericano de Agronomía.
- Ciampitti, L. B., y García , F. O. (2011). Requerimientos nutricinales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. *Agronómicas*, 37(1).
- Condit, I. (1955) Fig varieties: a monograph. *Hilgardia*, 23(11), 325-538.
- Condit, I. J. (1928). Fig breeding. *Journal of Heredity*, 19(9), 417-424.
- Condit, I. J. (1932). The structure and development of flowers in *Ficus carica* L. *Hilgardia*, 6(14), 443-481.
- Condit, I. J. (1964). Cytological studies in the genus *Ficus*. III. Chromosome numbers in sixty-two species. *Madrono*, 17(5), 153-155.

- Cruz-Barrón, V., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., y Juárez-López, P. (2014). Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango Átaulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 229-239.
- Datwyler, S. L., y Weiblen, G. D. (2004). On the origin of the fig: phylogenetic relationships of oracea from NDHF sequences. *American Journal of Botany*, 91(15), 767-777.
- De Oliveira, B. M., Leonel, S., Tecchio, M. A., y Hora, R. C. (2005). Teores de macronutrientes em pecíolos e folhas de figueira (*Ficus carica* L.) em funcao da adunacao potassica. *Cienc. Agrotec, Lavras*, 29(3), 610-616.
- De Oliveira, B. R., Leonel, S., Tecchio, M. A., y Hora, R. C. (2005). Teores de macronutrientes pelos ramos e frutos da figueira cultivada em funcao da adubacao potássica. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29(3), 33-37.
- El Gharras, H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2515-2518.
- FAO, Food and Agriculture Organization Statistics (2016). <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- FAO, Food and Agriculture Organization Statistics (2018). <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Flaishman, M. A., Rodov, V., y Stover, E. (2008). The fig: botany, horticulture and breeding. *Horticultural Reviews-Westport then New York*, 34, 113.
- Flores, D. A. (1990). *La higuera. Frutal mediterráneo para climas cálidos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- García Ruíz, M. T. (2014). *Caracterización morfológica y genética de variedades mexicana de higo (Ficus carica L.)*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados.
- García-Ruiz, M. T., Mendoza-Castillo, V. M., Valadez-Moctezuma, E., y Muratalla-Lúa, A. (2013) Initial assessment of natural diversity in Mexican fig landraces. *Genetic and Molecular Research*, 6(1), 3931-3943.
- Gutiérrez, C. E., G, C. M., y Ortiz, S. C. (2015). Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 6(1), 201-2015.
- Gutiérrez, M. V. (1997). Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense*, 21(1), 127-137.
- Khadari, B., y Kjellberg, F. (2009). *Tracking the genetic signature to identify fig origins: insights for evolution before and during domestication processes*. Méknes, Marruecos.
- Khan, M. N., Sarwar, A., Adeel, M., y Wahab, M. F. (2011). Nutritional evaluation of *Ficus carica* indigenous to Pakistan. *African Journal of Food, Nutrition and Development*, 11(5), 5187-5202.
- Kislev, M. E., Hartmann, A., y Bar-Yosef, O. (2006). Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*, 312(5778), 1372-1374.

- Macías, R. H., Velásquez, V. M., Villa, C. M., Rivera, G. M., y Muñoz, V. A. (2014). Evaluación experimental en higuera para implementar poda inicial en altas densidades de plantación con macrotúnel en la región lagunera. *Agrofaz*, 14(2), 33-38.
- Maldonado, T. R. (1999). *El diagnóstico nutrimental en la producción del limón mexicano*. México: Ed. Fundación produce Michoacán y Universidad Autónoma Chapingo.
- Melgarejo, M. P. (2000). *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas* (Vol. I). Madrid, España: Ediciones Madrid Vicente y Mundi-Prensa.
- Mendoza Castillo, V. M. (2013). *Fisiología y manejo de la higuera (Ficus carica L.) en producción forzada bajo cubierta plástica*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados.
- Mendoza, C. V. (2009). *Producción intensiva de higo (Ficus carica L.) bajo invernadero*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados.
- Mendoza-Castillo, V. M., Vargas-Canales, J., Calderón-Zavala, G., Mendoza-Castillo, M., y Santacruz-Varela, A. (2017) Intensive production system of fig (*Ficus carica* L) under greenhouse conditions. *Experimental Agriculture*, 53(3), 339-350.
- Moreno, D. A., Pulgar, G., Villora, G., y Romero, L. (1998). Nutritional diagnosis of fig tree leaves. *Journal of plant nutrition*, 21(12), 2579-2588.
- Ohri, D., y Khoshoo, T. N. (1987). Nuclear DNA contents in the genus *Ficus* (Moraceae). *Plant systematics and evolution*, 156(1), 1-4.
- Pineda-Pineda, J., Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Corona, T. T., Valdez, A. L., y Gómez, H. J. (2008). Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana*, 26(4), 333-340.
- Ruiz, S. R., y Massa, A. M. (1991). Respuesta al nitrógeno y extracción de nutrientes en parronales de uva de mesa Sultanina del Valle de Aconagua. *Agricultura técnica*, 51(1), 30-41.
- Saeed, M. A., y Sabir, A. W. (2005) Trace elements in the fruit of *Ficus carica* L. and their nutritional importance. *Hamdard Medicus*, 48(4), 113-117.
- Salazar, S., y Lazcano, I. (2001). Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. *Better Crops International*, 15(1), 28-31.
- Sancho, H. (1999). Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones agronómicas*, 36, 11-13.
- Silva, A. C., Leonel, S., Souza, A. P., Domingos, J. R., y Ducatti, C. (2010). Gas exchanges and cycle photosynthetic in fig tree 'Roxo de Valinhos'. *Ciencia Rural*, 40(6), 1270-1276.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, M., Bergman, M., Gottlieb, H., . . . Fleishman, A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of comon fig (*Ficus carica* L.). *Agric. Food Chem*, 54(20), 7717-7723.
- Storey, W. B., Enderud, J. E., Saleeb, W. F., y Nauer, E. M. (1977) The Fig: its biology, history, culture and utilization. 4° edición.: Jurupa Mountains Cultural Center. Riverside, California. 251 p.

Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L., y Crisosto, C. H. (HortScience). 2007. *The fig: overview of an ancient fruit*, 42(5), 1083-1087.

Villalobos Rivera, M. d. (2015). *Estudio para la prolongación de la vida útil de variedades de higos y brevas interesantes para su consumo en fresco y estudio de técnicas alternativas para el secado de higos*. Badajoz, España: Universidad de Extremadura.

Wang, L., Jiang, W., Ma, K., Ling, Z., y Wang, Y. (2003). Production and Research of Fig (*Ficus carica* L.) in China. *Acta Horticulturae*.

Zohary D., Hopf, M., y Weiss, E. (2012) Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe and the Mediterranean Basin. Oxford University Press on Demand.