

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



ALGAS MARINAS COMO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE UN VIÑEDO (*Vitis
vinifera L.*) RELACIÓN CON CONTENIDO DE FIERRO, FOTOSÍNTESIS
FOLIAR Y EFECTO EN RENDIMIENTO.

Tesis

Que presenta SAÚL ALEJANDRO SALMERÓN BRAVO

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

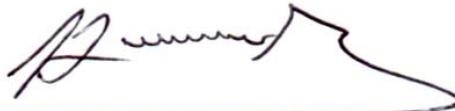
Saltillo, Coahuila

Diciembre 2019

ALGAS MARINAS COMO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE UN VIÑEDO
(*Vitis vinifera* L.) RELACIÓN CON CONTENIDO DE FIERRO, FOTOSÍNTESIS
FOLIAR Y EFECTO EN RENDIMIENTO.

Tesis

Elaborada por SAÚL ALEJANDRO SALMERÓN BRAVO como requisito parcial
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de
Asesoría



Dr. Alejandro Zermeño González
Asesor Principal



Dr. Jorge Méndez González
Asesor



Dr. Martín Cadena Zapata
Asesor



Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTO

A **Dios** por brindarme las oportunidades de seguir alcanzando más logros, por su cuidado y guianza, por darme las fuerzas necesarias en los momentos adecuados, salud y sabiduría.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por proporcionarme la oportunidad para mi formación profesional y el de poder cumplir una meta más.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico durante el tiempo de mis estudios de postgrado.

A mi **Madre**, Idolina Bravo Matías por su amor incondicional, su apoyo y comprensión.

A mi **Hermana**, Karina Salmerón Bravo que siempre me brindó su apoyo, cariño y ha estado siempre ahí para celebrar mis logros que también son suyos.

A mi **Sobrino**, Santiago de Jesús Salmerón Bravo porque vino a este mundo para enseñarnos a amar, a unirnos y ser una inspiración para ser mejores personas.

A mi **Familia**, por el apoyo, consejos y por seguir creyendo en mí.

A mi gran **Amiga**, Addy Patricia Bravo Escalante, por su sincera amistad, su apoyo incondicional y por ayudarme en el trabajo en campo.

A mi **Asesor Principal**, el Dr. Alejandro Zermeño González por todo el apoyo que mostró y brindó para la realización de esta investigación, por compartir sus conocimientos y consejos, y por su amistad.

A mis **Asesores**, el Dr. Jorge Méndez González, el Dr. Homero Ramírez Rodríguez y al Dr. Martín Cadena Zapata, por el apoyo y ayuda brindada para la conclusión de este trabajo de tesis.

Y a **los M.C**, José Ángel Marroquín y Aarón Melendres por haberme ayudado a sacar adelante el trabajo realizado en campo.

DEDICATORIA

A mi Familia cercana y Amigos cercanos:

Que gracias a su apoyo y que siempre han creído en mi he logrado una meta más en mi vida.

A mis abuelos (+):

Elisa Matías Ortiz y Saúl Bravo Pérez

A mi tía (+):

Eduvina Enai Bravo Matías

A mi padre (+):

Fulgencio Salmerón González

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE CUADROS	xi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Las algas marinas	4
Uso de las algas marinas	4
La Vid	5
La Vid en México	5
La variedad Sauvignon Blanc y su problemática	5
Clorosis férrica.....	6
a. Causas.....	6
b. Efectos	6
c. En la Vid.....	7
Fertilización férrica, relación con contenido de clorofila y rendimiento de cultivos.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9

Ubicación del sitio de estudio	9
Manejo agronómico del viñedo	9
Biofertilización de las plantas y tratamientos aplicados	9
Contenido de hierro, clorofila y tasa de fotosíntesis foliar	10
Rendimiento de frutos	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Contenido de Hierro	11
Contenido relativo de clorofila en las hojas	12
Tasa de fotosíntesis foliar	13
Rendimiento de frutos	15
CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el número de aplicaciones del biofertilizante foliar y el contenido de Fe en las hojas.....	12
Figura 2. Contenido relativo de clorofila en las hojas (unidades spad) en función del número de aplicaciones del biofertilizante foliar.	13
Figura 3. Tasa de fotosíntesis foliar en función del número de aplicaciones del fertilizante foliar.	14
Figura 4. Relación entre el número de aplicaciones del biofertilizante foliar y el rendimiento de frutos.....	16

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos aplicados	10
Cuadro 2. Contenido de hierro en las hojas en los diferentes tratamientos	11
Cuadro 3. Contenido relativo de clorofila en las hojas	13
Cuadro 4. Tasa de fotosíntesis foliar con diferente número de aplicaciones del fertilizante foliar.	14
Cuadro 5. Rendimiento promedio de frutos por planta para las diferentes aplicaciones del biofertilizante	16

RESUMEN

ALGAS MARINAS COMO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE UN VIÑEDO
(*Vitis vinifera L.*) RELACIÓN CON CONTENIDO DE FIERRO,
FOTOSÍNTESIS FOLIAR Y EFECTO EN RENDIMIENTO.

POR

SAÚL ALEJANDRO SALMERÓN BRAVO

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ.- ASESOR

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2019

Uno de los problemas que limitan el desarrollo de los viñedos (*Vitis vinífera* L.) es la clorosis que muestran las plantas por la deficiencia de hierro, principalmente en los suelos calizos, por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de un fertilizante orgánico elaborado con extractos de algas marinas, adicionado con hierro (6 %) y manganeso (3 %), aplicado a una dosis del 0.5%, en el contenido de Fe en las hojas, de clorofila, la tasa de fotosíntesis foliar y el rendimiento de frutos del cultivar Sauvignon Blanc (uva para vino blanco). Se estableció un diseño estadístico completamente al azar de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos evaluados fueron: sin la aplicación del biofertilizante, con una, dos y tres aplicaciones respectivamente, las aplicaciones iniciaron al final de la etapa vegetativa del cultivo (abril) y se aplicaron a un intervalo de 15 días. La comparación de medias de tratamientos se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Cada aplicación del biofertilizante incremento proporcionalmente el contenido de hierro de las hojas. Con dos aplicaciones se aumenta el contenido relativo de clorofila en las hojas y dar solo una no tiene efecto. Solo con tres aplicaciones se incrementó la tasa de fotosíntesis foliar. La respuesta del efecto combinado de las aplicaciones del biofertilizante en el contenido de Fe, contenido relativo de clorofila y la tasa de fotosíntesis foliar mostró que solo se requieren dos aplicaciones para aumentar el rendimiento de frutos con relación al testigo.

Palabras clave: vid, Sauvignon Blanc, clorosis férrica, clorofila.

ABSTRACT

SEAWEEDS AS ORGANIC FERTILIZATION OF A VINEYARD (*Vitis vinífera* L.)
RELATION WITH IRON CONTENT, FOLIAR PHOTOSYNTHESIS AND EFFECT
ON FRUIT YIELD

BY

SAÚL ALEJANDRO SALMERÓN BRAVO

MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING PRODUCTION SYSTEMS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ. - ADVISER

Saltillo, Coahuila

December 2019

One of the problems that limit the vineyards growth (*Vitis vinifera* L.) is the plants chlorosis due iron deficiency. Mainly in the calcareous soils. The objective of this study was to evaluate the effect of applying (foliar way) an organic fertilizer made with seaweed extracts, added with iron (6 %) and manganese (3 %), applied at a dose of 0.5 %, in the leaves iron content, chlorophyll, foliar photosynthesis rate and fruits yield of the Sauvignon Blanc cultivar (white wine grape). A randomize complete statistical design with four treatments and four replications was used. The evaluated treatments were: no application of the biofertilizer, with one, two and three applications respectively. The applications initiated by the end of the crop vegetative stage (april) and where applied at a 15 days interval. The mean of treatments comparison was made with the Tukey test ($\alpha \leq 0.05$). Each application of the biofertilizer increased proportionally the iron leaves content. With two applications, the chlorophyll relative content is augmented and only one application has no effect. Only with three applications the rate of foliar photosynthesis was increased. The response of the combined effect of the biofertilizer applications on the iron content, relative content of chlorophyll and the rate of foliar photosynthesis showed that only two applications are required to increase the fruits yield regarding the yield of the control plants.

Key words: grapevine, Sauvignon Blanc, ferric chlorosis, chlorophyll.

INTRODUCCIÓN

Las algas marinas son organismos eucariotas fotosintéticos con elevado potencial de uso en la alimentación animal y humana (Domínguez, 2013). Los extractos de algas marinas pueden ser utilizados como suplementos nutricionales, bioestimulantes o fertilizantes en la agricultura y horticultura, como biofertilizantes se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo), el cual se puede aplicar vía foliar o al suelo (Hernández-Herrera *et al.*, 2013). Ya que promueven la germinación de semillas, aumentan el desarrollo y rendimiento de cultivos (Norrie y Keathley, 2005).

Contienen una amplia gama de sustancias bioactivas tales como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, y agentes humectantes, coloides mucilaginosas (agar, ácido alginico, y manitol) que ayudan en la retención de la humedad y los nutrientes en las capas superiores del suelo (Subba *et al.*, 2007). Y su aplicación al suelo y follaje induce una mayor absorción de nutrientes, aumenta el contenido de clorofila, y el tamaño de las hojas, por lo cual hay un mayor rendimiento y calidad de las cosechas (Kumari *et al.*, 2011).

Dentro de la familia *Vitaceae* el género *Vitis* es el que tiene mayor importancia agronómica y comprende unas 60 especies localizadas casi exclusivamente en el hemisferio norte; siendo una de las primeras especies vegetales en ser domesticada. Por ende, la vid (*Vitis vinifera* L.) es uno de los cultivos más antiguos y de mucha historia mundialmente, ya que tradicionalmente su fruto se usa para la elaboración de vino y de uva de mesa (Mc Govern, 2003).

Las principales regiones productoras de uva en el mundo son aquellas zonas de clima mediterráneo, enfatizando en países como Italia, Francia y España, así como en América son Estados Unidos, México y Argentina los países que destacan (Musalem, 2003).

En México la producción de uva se encuentra distribuida en 7 estados que son Sonora, Zacatecas, Baja California, Aguascalientes, Coahuila, Querétaro y Durango que poseen el 90 % de producción de vid total en el país (CMV, 2018).

Durante varios años en Parras, Coahuila se ha cultivado la vid, estableciendo así la “Hacienda de Casa Madero”, una de las bodegas vinícolas más antiguas de América que produjo su primer vino en 1594. Donde se cuenta con el cultivar Shiraz, que se

adapta a climas templados y a zonas secas, encontrándose principalmente en todas las zonas vitícolas del mundo (Ibarra, 2009).

De igual manera para seguir produciendo vinos de calidad cuenta en sus áreas de viñedo variedades viníferas como el cultivar Sauvignon Blanc procedente de la región de Burdeos Francia y está considerada, después de la Chardonnay, la variedad más fina entre las cepas blancas de origen francés (BBvinos, 2017). Cultivar que presenta una particular sensibilidad a la clorosis férrica (Fernández-Cano y Togores, 2011).

La clorosis férrica es debida a una inadecuada nutrición de hierro (Fe) y es la principal deficiencia nutricional que presentan las plantas cultivadas en suelos calcáreos y alcalinos (Tagliavini y Rombolà, 2001; Gruber y Kosegarten 2002). Se manifiesta como un amarillamiento intervenal de las hojas jóvenes.

Dado a que el Fe interviene en la síntesis de clorofila, su carencia modifica su concentración y por lo tanto la funcionalidad del aparato fotosintético (González y Martín, 2006). De modo que, las plantas que se desarrollan con baja disponibilidad de Fe son de bajo rendimiento y calidad de las cosechas (Álvarez-Fernández *et al.*, 2007).

Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de un fertilizante orgánico elaborado a base de extractos de algas marinas y adicionado con Fe (6%) a una plantación de vid (*Vitis vinífera* L.) cv Sauvignon Blanc, y su relación con el contenido de Fe, de clorofila, la tasa de fotosíntesis foliar y el rendimiento de frutos.

Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de Fe y clorofila.
- Conocer la tasa de fotosíntesis foliar.
- Evaluar el rendimiento de frutos.

Hipótesis

La aplicación foliar de un fertilizante orgánico elaborado a base de extractos de algas marinas y adicionado con Fe (6%) aumenta el contenido de Fe y de clorofila de las hojas, lo que aumenta la tasa de fotosíntesis foliar y el rendimiento de frutos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las algas marinas

Se diferencian de las plantas superiores porque carecen de tallos, hojas, raíces y sistemas vasculares. En su lugar, las algas se anclan a objetos sólidos y absorben los nutrientes directamente del agua, elaborando sus nutrimentos través de la fotosíntesis (Moya, 2011). Debido a su capacidad para absorber y concentrar de modo selectivo sustancias inorgánicas del mar, el contenido de minerales de las algas marinas es mayor que el de las plantas terrestres. Las algas poseen un alto contenido de macroelementos (Mg, Ca, P, K y Na) y minerales traza tales como I, Fe, Cu, Cd, Ni, Hg y Zn (Nishizawa, 2006).

Uso de las algas marinas

Las algas marinas poseen una alta capacidad de uso en diversos sectores industriales (Domínguez, 2013). Aunque pueden tener varias aplicaciones industriales, son poco utilizadas como fuentes de nutrientes (Miranda *et al.*, 2015). Se han usado como indicadores de contaminación de los ecosistemas marinos y como restauradores de los sistemas acuáticos contaminados, ya que tienen la propiedad de atrapar metales pesados presentes en el agua (Acosta-Calderón *et al.*, 2016).

Son una fuente potencial de nutrientes ya que tienen un elevado contenido de proteínas, carbohidratos con funciones prebióticas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados (García-Jiménez *et al.*, 2010), reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, y agentes humectantes (Subba *et al.*, 2007). Los extractos de algas marinas pueden ser utilizados como suplementos nutricionales o fertilizantes en la agricultura y horticultura, ya que como biofertilizantes se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo), que se puede aplicar vía foliar o al suelo (Hernández-Herrera *et al.*, 2013).

Tan buen beneficio se ha obtenido que el uso de algas marinas se ha convertido en uno de los recursos vivos marinos más importantes, que podrían denominarse plantas futuristas prometedoras (Dhargalkar y Pereira 2005).

Estudios previos muestran que la aplicación de extractos de algas marinas estimulan la actividad de los microorganismos del suelo, que induce una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta facilitando su absorción, reducen la compactación, aumentan la aireación, mejora la capacidad de retención de agua y textura del suelo (Khan *et al.*, 2009; Craigie, 2010).

Demostrando así mismo que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con extracto de algas marinas con aplicaciones foliares y al suelo (Thirumaran *et al.*, 2009; Spinelli *et al.*, 2009; Sunarpi *et al.*, 2010; Kumari *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2013). Ya que actualmente el uso de extractos derivados de las algas para la agricultura y la horticultura se ha acrecentado de manera importante (Zodape *et al.*, 2011)

La vid

Debido a su importancia económica, cultural y religiosa, el cultivo de la uva (*Vitis vinífera* L.) es uno de los más antiguos del mundo. Derivado de su consumo diversificado, la uva se caracteriza por su alto valor económico, y actualmente el 31 % de la producción mundial se destina al mercado en fresco; 67 %, a la elaboración de vinos y otras bebidas alcohólicas; y 2 % es procesada como fruta seca (FAO, 2013;OIV, 2012).

La vid en México

En México, la producción de vid se concentra en Baja California, Sonora, Aguascalientes, Coahuila y Zacatecas, con 98.2 % de la producción anual (El Economista, 2013). Siendo Sonora la entidad con mayor producción (76 % del volumen total) (Hidroponía, 2017). El 63 % es para consumo en fresco, 24.4% para la elaboración de vinos y jugos, y el 12.6% restante se deshidrata (SAGARPA, 2017).

La variedad Sauvignon Blanc y su problemática

Dentro de las variedades viníferas se encuentran el cultivar Sauvignon Blanc procedente de la región de Burdeos Francia y está considerada, después de la

Chardonnay, la variedad más fina entre las cepas blancas de origen francés. Es una planta resistente al frío, de brotación temprana.

El racimo es de tamaño mediano y forma cilíndrica; sus bayas son de tamaño mediano, forma redonda y color amarillo dorado, produce vinos elegantes, secos y ácidos; de color amarillo brillante con matices verdes. (BBvinos, 2017).

Este cultivar presenta a menudo carencias de magnesio, y las necesidades de dicho mineral junto con el fósforo y nitrógeno son elevadas durante la primera parte del ciclo vegetativo, creando así una particular sensibilidad a la clorosis férrica (Fernández-Cano y Togoires, 2011).

Clorosis férrica

El contenido de clorofila en las hojas es un parámetro muy útil para evaluar el estado fisiológico de las plantas (Zhang *et al.*, 2007). El efecto más característico de la deficiencia de hierro es la incapacidad de las hojas jóvenes para sintetizar clorofila (Castañeda, 2013). La clorosis presente en plantas por la deficiencia de Fe no es solamente una expresión del efecto del Fe en el desarrollo y función de los cloroplastos para la biosíntesis de clorofila, ya que también la menor concentración de carbohidratos en plantas deficientes de Fe resulta en baja actividad fotosintética (Kyrkby y Römheld, 2008).

a. Causas

Las características del suelo influyen en el desarrollo de la vid y en la composición de la baya (Van Leeuwen y Seguin, 2006). Altos contenidos de arcilla y materia orgánica afectan la disponibilidad del Fe. En los suelos arcillosos existe una tendencia a retener más Fe. El alto contenido de calcio en el suelo insolubiliza el Fe y dificulta su absorción por las plantas (UNCIEP, 2006; Arizmendi-Galicia *et al.*, 2011).

b. Efectos

La deficiencia de Fe en los cultivos se manifiesta como un amarillamiento intervenal de las hojas jóvenes conocido como "clorosis férrica". Una de las principales causas

de esta deficiencia es la alcalinidad de los suelos. El pH del suelo determina la disponibilidad de Fe y de otros micro nutrientes al afectar su solubilidad (Ferreyra *et al.*, 2008). El déficit de Fe afecta la morfología y fisiología de las hojas (Bertamini y Nedunchezian, 2005) y es uno de los principales estreses abióticos que afectan a los cultivos de frutales en suelos calcáreos (Tagliavini y Rombolá, 2001).

Cuando el estrés es severo, disminuye drásticamente la actividad fotosintética (Larbi *et al.*, 2006). Dado a que el Fe interviene en la síntesis de clorofila, su carencia modifica su concentración y por lo tanto la funcionalidad del aparato fotosintético (González y Martin, 2006). Las plantas que se desarrollan con baja disponibilidad de Fe son de bajo rendimiento y calidad de las cosechas (Álvarez-Fernández *et al.*, 2007).

c. En la Vid

En vid, generalmente la deficiencia de Fe se debe al exceso de bicarbonatos en el suelo, provocando retrasos en madures y pérdida de la calidad del vino, (Babelis, 2011). El crecimiento de los tallos se reduce, afecta el desarrollo de las flores, estructura del raquis y el crecimiento de la fruta (Espíndola y Pugliese, 2015). La deficiencia de clorofila afecta el cuajado del fruto, el diámetro de la baya (por el corrimiento de la flor) y problemas de maduración, lo que, limita la expresión vegetativa del viñedo en vigor, rendimiento y calidad de fruto (Hidalgo, 2002; González y Martin, 2006).

Fertilización férrica, relación con contenido de clorofila y rendimiento de cultivos

Para la corrección de la clorosis férrica, a lo largo del tiempo se ha investigado una amplia variedad de compuestos férricos que han sido propuestos como soluciones a la deficiencia nutricional de Fe (Pestana *et al.*, 2003).

Con el fin de mejorar las aplicaciones foliares, se ha investigado una serie de compuestos de Fe alternativos al sulfato de Fe, así como de adyuvantes y surfactantes capaces de potenciar el efecto al incluirlos dentro de las formulaciones. Concluyendo la existencia de una significativa interacción entre los componentes de

las formulaciones foliares, logrando diferentes grados de mejora en el nivel de clorofila presentes en las hojas (Fernández *et al.*, 2006).

Algunos estudios señalan que la aplicación de compuestos de Fe en diferentes cultivos demuestra cambios físicos foliares relacionados a un contenido alto de hierro en las hojas, un aumento de contenido de clorofila determinado por un Spad (Crane *et al.*, 2007; Rivera-Ortiz *et al.*, 2008; Crane *et al.*, 2008; Cabello, 2013), y así mismo muestra un mejor crecimiento y rendimiento de cosechas (Gil-Ortiz y Bautista-Carrascosa, 2005; Núñez *et al.*, 2006; Rodríguez, 2010; Gómez, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de estudio

El estudio se realizó en la vinícola San Lorenzo, ubicada en Parras de la Fuente Coahuila, Méx., cuyas coordenadas geográficas son: 25° 26' N, 102° 10' O y una altitud de 1500 msnm. El trabajo se estableció en viñedo con el cv Sauvignon Blanc, clon 316, porta injerto Gravesac, de 13 años de edad, durante el ciclo de producción de abril a septiembre de 2018. El viñedo está en un marco de plantación de 1.0 m entre plantas y 2.5 m entre hileras, con una densidad de 4000 plantas ha⁻¹.

Manejo agronómico del viñedo

El lote del estudio recibió el mismo manejo agronómico aplicado al viñedo: riego, fertilización, control fitosanitario y podas conforme a las normas establecidas de la Vinícola San Lorenzo. Se aplican 80 u/ha de N y 20 u/ha de P; El agua se aplica con un sistema de riego por goteo (15 horas por semana) con emisores espaciados a 0.60 m y gasto de 2.3 L h⁻¹ que corresponde a un volumen promedio diario por planta de 8.21 L.

Biofertilización de las plantas y tratamientos aplicados

La fertilización foliar se realizó con el biofertilizante Ferrum® (Palau Bioquim, SA de CV), que contiene reguladores de crecimiento naturales de origen marino (Auxinas con 0.0510%, Citocininas 0.0499% y Giberelinas 0.0207%), adicionado con hierro (6%) y manganeso (1%). Se dieron tres aplicaciones vía foliar (usando una mochila de aspersión de aplicación manual) a una dosis de 0.5%, el 13 y 28 de abril y el 11 de mayo de 2018, de acuerdo con la siguiente distribución de tratamientos: Sin aplicación del biofertilizante (T1), solo la primera aplicación (T2), las dos primeras aplicaciones (T3) y las tres aplicaciones (T4) (Cuadro 1). Los tratamientos se repitieron cuatro veces en un diseño completamente al azar; las parcelas de estudio fueron de cuatro plantas con una separación de tres plantas entre las parcelas. Para la comparación de medias de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados.

Tratamiento	Número de aplicaciones al (0.5%)
1	Sin aplicación (testigo)
2	Una aplicación
3	Dos aplicaciones
4	Tres aplicaciones

Contenido de hierro, clorofila y tasa de fotosíntesis foliar

El contenido de hierro en las hojas se determinó con el método de espectrometría de plasma ICP-OES (ppm), para la evaluación estadística, las unidades experimentales fueron el extracto que se obtuvo de 5 hojas de cada una de las cuatro planas de las parcelas de estudio (20 hojas por repetición). Las muestras se tomaron una semana antes de la cosecha de los frutos (10 agosto).

Las diferencias en contenido de clorofila y tasa de fotosíntesis foliar entre las plantas de los diferentes tratamientos (sin el biofertilizante y con diferente número de aplicaciones), se evaluaron cada 15 días entre las 12:00 y las 14:00 horas del día (abril-septiembre de 2018). Para el contenido de clorofila, la unidad experimental fue de 4 hojas por parcela de estudio, realizando tres mediciones por hoja (media de 12 mediciones). El contenido de clorofila de las hojas se obtuvo con un medidor portátil (SPAD 502 Plus, Konica Minolta Optics, Inc., Japón).

Para la tasa de fotosíntesis, la unidad experimental fue el promedio de 3 hojas por parcela de estudio. La tasa de fotosíntesis foliar de las hojas se obtuvo con un medidor portátil de fotosíntesis LI-6800 (LI-COR, Lincon, Nebraska, USA). Las hojas muestreadas fueron de la parte media del dosel de las plantas.

Rendimiento de frutos

El efecto de la aplicación del biofertilizante en el rendimiento de fruto se evaluó teniendo como unidad experimental el promedio del rendimiento de frutos de las cuatro plantas de cada parcela de estudio de los diferentes tratamientos. La cosecha se realizó el 17 de agosto de 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de Fierro

En todos los tratamientos donde se aplicó el biofertilizante, el contenido de fierro en las hojas fue mayor que las hojas del testigo (sin aplicación) (Cuadro 2) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Además, con cada aplicación adicional el contenido de fierro (Fe) fue mayor (Figura 1). El efecto del incremento del contenido de Fe se observó en una mejor coloración verde de las hojas con relación a las hojas de las plantas del tratamiento testigo, esto debido a que para la síntesis de clorofila en las hojas se requiere la presencia de Fe (Shehata *et al.*, 2011).

Estudios realizados por Palacios (2003), reportan que el color de las hojas permite determinar la clorosis férrica. La tonalidad amarillenta de las hojas de limonero fino (*Citrus limon* L. Burmf. Var. Fino) muestran el estado avanzado de la clorosis causada por la deficiencia de Fe (Oltra-Cámara *et al.*, 2007). Razeto y Palacios (2005) observaron una alta correlación entre el color de las hojas de un cultivo de Palto (*Persea americana* Mill.) y la concentración de clorofila, indicando que la baja concentración de clorofila es un buen indicador de la clorosis férrica.

Cuadro 2. Contenido de fierro en las hojas en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Fe (PPM)
Tres aplicaciones	416.75 ^a
Dos aplicaciones	297.00 ^b
Una aplicación	213.25 ^c
Sin aplicaciones (testigo)	118.00 ^d

Medias con letra diferente dentro de la columna son estadísticamente diferentes (Tukey. $\alpha \leq 0.05$).

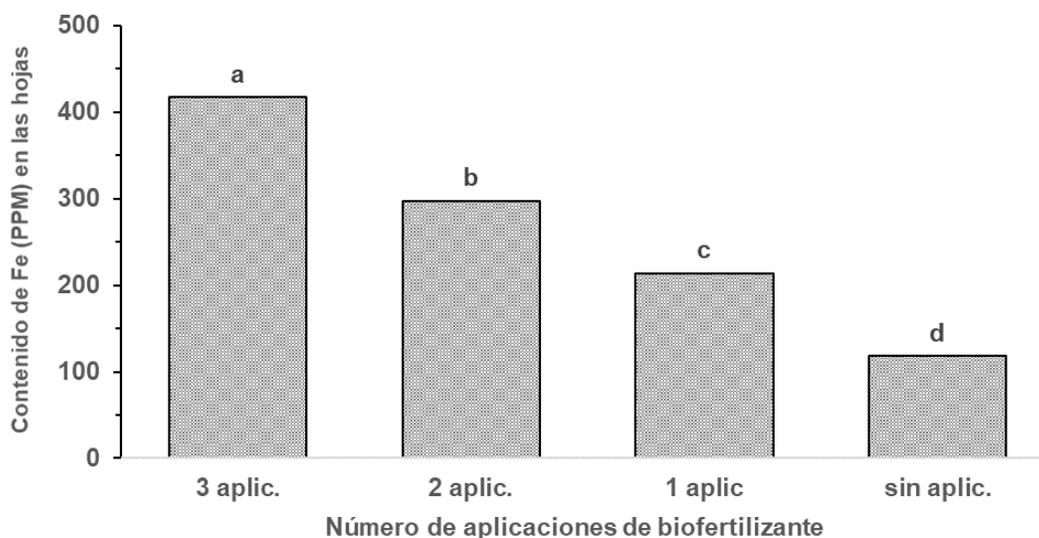


Figura 1. Relación entre el número de aplicaciones del biofertilizante foliar y el contenido de Fe en las hojas.

Contenido relativo de clorofila en las hojas

Con dos aplicaciones del biofertilizante se incrementó el contenido relativo de clorofila (unidades spad) con relación al de las hojas de las plantas testigo (sin el biofertilizante) (Cuadro 3) (Tukey $\alpha \leq 0.05$). Con una aplicación no se tiene efecto en el contenido relativo de clorofila en las hojas (Figura 2). Estudios previos han mostrado una buena correlación entre la concentración de clorofila en unidades spad con las mediciones de laboratorio (Fenech-Larios *et al.*, 2009; González, 2009; Barrantes *et al.*, 2018).

Díaz *et al.* (2017) indicaron que el contenido relativo de clorofila (unidades spad) de las hojas de un cultivo de soya (*Glycine max*, 'Vernal') se incrementa con dos aplicaciones foliares al 1.5% de FeSO₄. En otro estudio, en un cultivo de fresa (*Fragaria x anassa*) del cv. Albión la aplicación foliar de sulfato ferroso a una dosis de 0.1519 M incrementó 6.53% el contenido relativo de clorofila (López, 2016).

Cuadro 3. Contenido relativo de clorofila en las hojas.

Tratamiento	Clorofila (unidades spad)
Tres aplicaciones	44.73 ^a
Dos aplicaciones	42.43 ^{ab}
Una aplicación	40.90 ^{bc}
Sin aplicaciones (testigo)	39.41 ^c

Medias con letra diferente dentro de la columna son estadísticamente diferentes (Tukey. $\alpha \leq 0.05$).

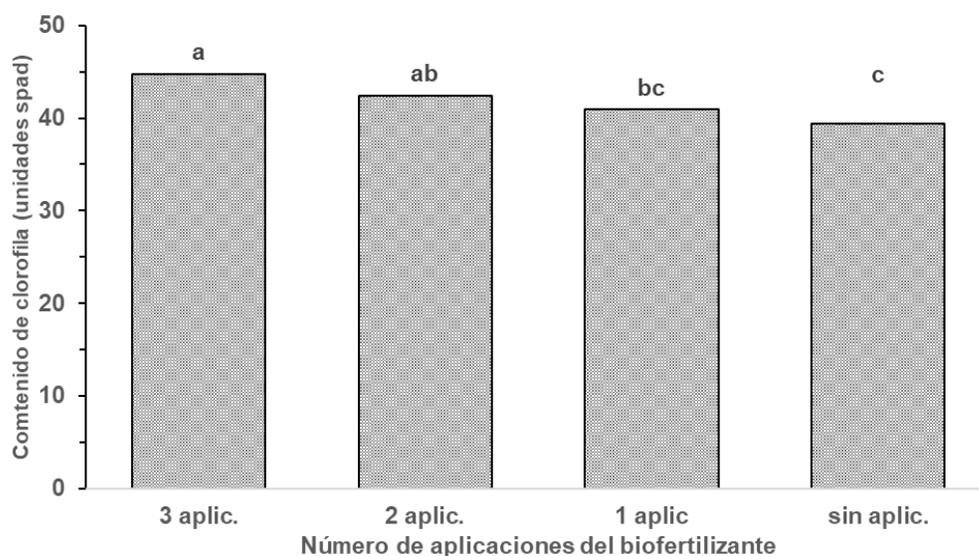


Figura 2. Contenido relativo de clorofila en las hojas (unidades spad) en función del número de aplicaciones del biofertilizante foliar.

Tasa de fotosíntesis foliar

Se requieren tres aplicaciones del biofertilizante para incrementar la tasa de fotosíntesis foliar (Cuadro 4) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), lo que, correspondió con el mayor contenido relativo de clorofila (Figura 3). Estudios previos muestran la relación directa entre el contenido de clorofila y la tasa de fotosíntesis foliar (Enciso y Gómez, 2004; Garrido, 2016).

Similarmente, para un cultivo de fresa (*Fragaria moschata*) se observó que, el incremento del contenido de clorofila corresponde con una mayor tasa de fotosíntesis foliar (Spinelli *et al.*, 2010).

Estudios realizados por Bertero (2001) en 15 cultivares de quínoa, mostraron que las hojas de mayor peso foliar específico fueron en las hojas de mayor contenido de clorofila y de mayor tasa de fotosíntesis foliar. Debido a que el contenido de clorofila de las palmas de aceite africanas (*Elaeis guineensis* Jacq.) es mayor que el de las americanas (*Elaeis oleifera* HBK Cortes), la tasa de fotosíntesis folia es mayor (Peláez *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Tasa de fotosíntesis foliar con diferente número de aplicaciones del fertilizante foliar.

Tratamiento	Fotosíntesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Tres aplicaciones	12.85 ^a
Dos aplicaciones	10.60 ^b
Una aplicación	10.47 ^b
Sin aplicaciones (testigo)	10.23 ^b

Medias con letra diferente dentro de la columna son estadísticamente diferentes (Tukey. $\alpha \leq 0.05$).

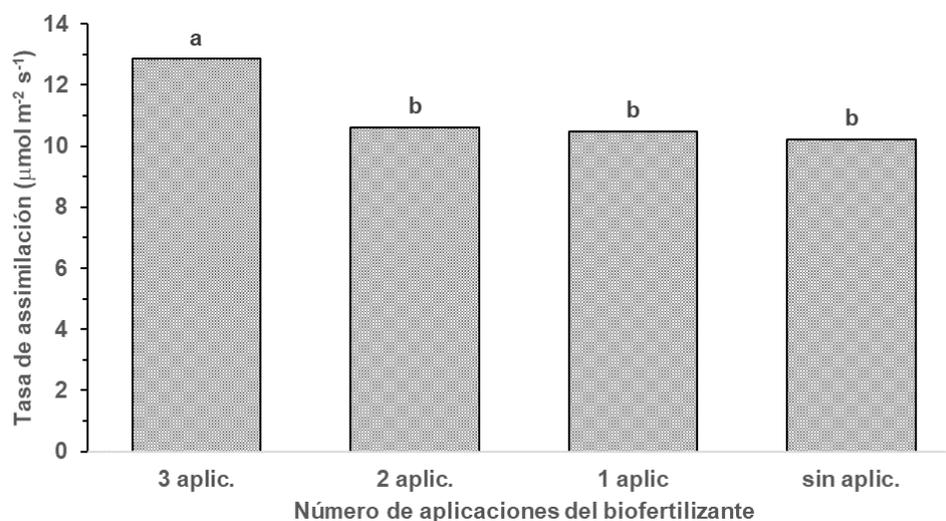


Figura 3. Tasa de fotosíntesis foliar en función del número de aplicaciones del fertilizante foliar.

Rendimiento de frutos

Con dos aplicaciones del biofertilizante se incrementa el rendimiento promedio de frutos (Cuadro 5) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), lo que estuvo relacionado con el incremento del contenido relativo de clorofila (Cuadro 3) y el incremento del contenido de fierro en las hojas (Cuadro 2). Realizar solo una aplicación del biofertilizante no afecta el rendimiento de frutos y con tres aplicaciones el rendimiento es estadísticamente igual que dar solo dos (Figura 4). El incremento en el rendimiento de frutos probablemente se debió a que el contenido propio del extracto de algas marinas con la adición de fierro y manganeso mejoró el cuajado y crecimiento de los frutos, y a su vez un mayor incremento en el contenido de clorofila de las hojas (Spinelli *et al.*, 2009) que ayuda a incrementar la tasa de asimilación y por consiguiente el rendimiento de frutos (Méndez, 2014; Sabir *et al.*, 2014).

Estudios realizados por Rincón y Ligarreto (2010) mostraron que el contenido de clorofila esta correlacionado con el rendimiento de grano de plantas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Master, y que, para lograr un buen rendimiento de grano, las unidades spad de clorofila deben ser mayores de 50. Trabajos realizados en un cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo*) cv. Zucchini, mostraron que mayor contenido de clorofila en las hojas correspondieron con desarrollo foliar y rendimiento de frutos más elevados (Del Ángel-Hernández *et al.*, 2017).

Las mazorcas de un cultivo de maíz amarillo variedad ICA V-305 fueron de mayor biomasa en las plantas con alta tasa de fotosíntesis (Ospina-Salazar *et al.*, 2018). Bajos rendimientos en diferentes genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) se debieron a una reducida tasa de fotosíntesis, debido altos niveles de salinidad del suelo (Ali *et al.*, 2004); resultados similares fueron observados en un cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L.) (Rodríguez-Delfín *et al.*, 2014).

Estudios realizados por Valdés (2004) en un cultivo nectarino (*Prunus persica* L.), variedad August Red, mostraron que la clorosis férrica (deficiencia de Fe en las hojas) retarda la maduración y reduce el de frutos. Similarmente, Razeto y Valdés (2006), reportaron que la producción de frutos en arboles cloróticos fue menor que en los normales.

Cuadro 5. Rendimiento promedio de frutos por planta para las diferentes aplicaciones del biofertilizante.

Tratamiento	(Kg/planta)
Tres aplicaciones	2.478 ^a
Dos aplicaciones	2.445 ^a
Una aplicación	1.712 ^b
Sin aplicaciones (testigo)	1.662 ^b

Medias con letra diferente dentro de la columna son estadísticamente diferentes (Tukey. $\alpha \leq 0.05$).

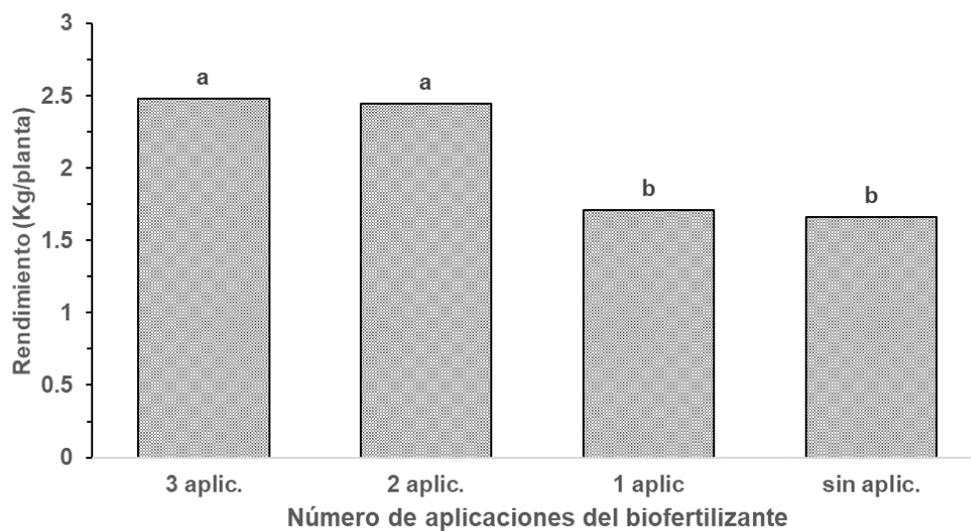


Figura 4. Relación entre el número de aplicaciones del biofertilizante foliar y el rendimiento de frutos.

CONCLUSIONES

La aplicación del biofertilizante de extracto de algas marinas adicionado con hierro (Fe), incrementa el contenido de Fe en las hojas, lo que resulta en un mayor contenido de clorofila, mayor tasa de fotosíntesis foliar y mayor rendimiento de frutos.

REFERENCIAS

- Acosta-Calderón, J. A., L. E. Mateo-Cid, y Á. C. Mendoza-González. 2016. An updated list of marine green algae (*Chlorophyta*, *Ulvophyceae*) from the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. *Check List* 12(3): 1886.
- Ali, Y., Z. Aslam, M. Y. Ashraf, y G. R. Tahir. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1(3): 221-225.
- Álvarez-Fernández, A., J. Abadía, y A. Abadía. 2006. Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. In: Barton L. L., y J. Abadía (eds.). *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms*. Springer. Dordrecht. pp. 85–101.
- Arizmendi-Galicia, N., P. Rivera-Ortiz, F. De la Cruz-Salazar, B. I. Castro-Meza, y F. De la Garza-Requena. 2011. Lixiviación de hierro quelatado en suelos calcáreos. *Terra Latinoamericana* 29(3): 231-237.
- Babelis, G. 2011. *La nutrición en la viticultura*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Mendoza, Argentina. 64 p.
- Barrantes, M. K., C. Ávila A., R. Murillo C., L. Solis R., R. Porras M., y P. Herrera V. 2018. Relación de la clorofila y el nitrógeno foliar de *Gmelina arborea* Roxb. en vivero y en campo. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 9(46): 209-238.
- BBvinos. 2017. Importaciones BB Vino, Catalogo de Uvas. Viewed Junio 2018 <http://www.bbvino.com.mx/wp-content/uploads/Pdf/Cat_Uvas.pdf>.
- Bertamini, M. y N. Nedunchezian. 2005. Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 28(5): 737-749.
- Bertero, H. D. 2001. Variabilidad intraespecífica en variables asociadas a la generación de biomasa. Asociación con el origen de los cultivares. In: *Memorias primer taller internacional en quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. (eds). Jacobsen S. E., A Mujica y Z. Portillo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Altiplano: Lima. pp: 265–272.
- Cabello, B. M. 2013. Evaluación del biocarbón como enmienda correctora de la clorosis férrica. Tesis de Maestría. Instituto de Estudios de Postgrado, Universidad de Córdoba, España. 44 p.
- Castañeda, R. 2013. *Funciones y deficiencias de nutrientes*. Universidad Popular de la Chontalpa. Tabasco, México. 47 p.

- CMV (Consejo Mexicano Vitivinícola). 2018. Producción de Vid en México. Viewed Octubre 2019. <https://uvayvino.org.mx/docs/produccion_vid_mx.pdf>.
- Craigie, J. S. 2010. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J ApplPhycol* 23: 371–393.
- Crane, J., B. Schaffer, E. Evans, W. Montas, y C. Li. 2007. Efecto de ácidos y sulfato ferroso aplicados foliarmente en la nutrición de hierro en aguacates. *In: Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*. Viña del mar, Chile. 13 p.
- Crane, J., B. Schaffer, E. Evans, W. Montas, y C. Li. 2008. Effect of foliarly applied acids and ferrous sulfate on leaf ferrous iron content and leaf greenness of lychee trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 121: 19–23.
- Del Ángel-Hernández, M., A. Zermeño-Gonzalez, A. Melendres-Alvarez, S. Campos- Magaña, M. Cadena-Zapata, y G. Del Bosque-Villarreal. (2017). Características de la cubierta de un túnel efecto en radiación, clorofila y rendimiento de calabacita. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 8(5): 1127-1142.
- Dhargalkar, V. K. y N. Pereira. 2005. Seaweed: promising plant of the millennium. *Science Cult* 71: 60-66.
- Díaz, F. A., M. Espinosa R., y F. E. Ortiz C. 2017. Corrección de la clorosis férrica con quelato EDDHA en cultivos sembrados en suelo alcalino y calcáreo. *Latinoamericana* 36(1): 23-30.
- Domínguez, H. 2013. Algae as a source of biologically active ingredients for the formulation of functional foods and nutraceuticals. *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*. Ed. Woodhead Publishing Series in Food, Technology and Nutrition. pp: 1-19.
- El Economista. 2013. Producción de vid, México. Viewed Septiembre 2018. <<https://www.com.mx/columnas/agro-negocios-produccion-vid-alternativa-rentable-productor>>.
- Enciso, B. E., y C. Gómez. 2004. Comparación de las respuestas de cuatro cultivares de mora (*Rubus* sp.) a las variaciones del factor luz. *Agronomía Colombiana* 22(1): 46-52.
- Espíndola, R. S. y F. Pugliese. 2015. Fertilización Razonada de la vid: Principios básicos para crear estrategias de fertilización. AER Cauce -EEA San Juan INTA. Argentina. 27 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. FAO: Grape. Post-harvest operations. Viewed Junio 2019. <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Grape.pdf>.

- Fenech-Larios, L, E. Troyo-Diéguez, M. Trasviña-Castro, F. Ruiz-Espinoza, A. Beltrán-Morales, B. Murillo-Amador, J. García-Hernández, y S. Zamora-Salgado. (2009). Relación entre un método no destructivo y uno de extracción destructivo, para medir el contenido de clorofila en hojas de plántula de albahaca (*Ocimum basilicum* L). *Universidad y ciencia* 25(1): 99-102.
- Fernández, V., V. del Río, J. Abadía, y A. Abadía. 2006. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant Soil* 289: 239–252.
- Fernández-Cano, L. H. y J. H. Togoires. 2011. Tratado de viticultura. 4a ed., rev y ampl. Madrid: Mundi-Prensa, 2, 2096 p.
- Ferreira, R. E., G. Selles V., R. Ruiz S., P. Gil M., y C. Barrera M. 2008. Manejo de la clorosis férrica en palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA 181: 60.
- García-Jiménez, T., Y. Hernández Rivera, O. Valdés iglesias, y R. Menéndez. 2010. Las algas marinas: fuente de nutrición y salud. *Medio Ambiente y Desarrollo* 19(1): 8.
- Garrido G. L. 2016. Parámetros de eficiencia fotosintética al final de la maduración como indicadores del potencial enológico del viñedo. Tesis de Grado. Universidad de Valladolid Palencia, España. 22 p.
- Gil-Ortiz, R. y I. Bautista-Carrascosa. 2005. Response of leaf parameters to soil applications of iron-EDDHA chelates in a peach orchard affected by iron chlorosis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal* 36: 1839-1849.
- Gómez, M. R. 2012. Deficiencias de hierro en soja. *Revista INIA* 30: 28-31.
- González A. 2009. Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. *Agroecología* 4(1):111-116.
- González M., R. y P. Martín. 2006. Prevención y tratamiento de la clorosis férrica del viñedo. *Vida Rural* 226:30-33.
- Gruber, B. y H. Kosegarten. 2002. Depressed growth of non-chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165(1):111-117.
- Hernández-Herrera, R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, M. A. Ruiz-López, J. Norrie, y G. Hernández-Carmona. 2013. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology* 26(1): 619-628.
- Hidalgo L. 2002. Tratado de viticultura general. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa. 983 p.

- Hidroponía. 2017. Producción de uva, un impulso a la economía mexicana. Viewed Noviembre 2018. <<http://hidroponia.mx/produccion-de-uva-un-impulso-a-la-economia-mexicana/>>.
- Ibarra, R. 2014. La historia completa del Vino Mexicano. Viewed Octubre 2019. <<https://www.facebook.com/elvinomexicano0/posts/la-historia-completa-del-vino-mexicano-abreviadapor-rafa-ibarra-wwwelmundoderafa/281032835404146/>>.
- Khan, W., U. P. Rayirath, S. Subramanian, M. N. Jithesh, P. Rayorath, D. M. Hodges, A. T. Critchley, J. S. Craigie, J. Norrie, y B. Prithviraj. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Reg.* 28(4):386-399.
- Kumari, R., I. Kaur, y A.K. Bhatnagar. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *J. Appl. Phycol.* 23(3):623-633. Kyrkby, E. y V. Römheld. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas* 68: 1-6.
- Larbi, A., A. Abadía, J. Abadía y F. Morales. 2006. Down co-regulation of light absorption, photochemistry, and carboxylation in Fe-deficient plants growing in different environments. *Photosynthesis Research* 89(2-3): 113–126.
- López M. G. S. 2016. Respuesta al estrés provocado por medio de aplicación foliar de diferentes productos de altas concentraciones en fresa cultivar “Albión”. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 50 p.
- Mc Goven, P. E. 2003. *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*. Princeton Univ. Press, Princeton. 400 p.
- Méndez L. G. 2014. Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso del agua y de la luz de una plantación de vid y su efecto en el rendimiento y calidad de frutos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 62 p.
- Miranda, A. F., M. Taha, D. Wrede, P. Morrison, A. S. Ball, T. Stevenson, y A. Mouradov. (2015). Lipid production in association of filamentous fungi with genetically modified cyanobacterial cells. *Biotechnology for biofuels* 8(1): 179.
- Moya, O. J. A. 2011. Centro de investigación y desarrollo Tecnológico en algas. Memoria de Título. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 101 p.
- Musalem, O. L. 2003. De nuestra cosecha, los titanes del desierto. “Claridades Agropecuarias” 105(1): 83.

- Nishizawa, K., 2006. Seaweeds Kaiso: Bountiful Harvest from the Seas. In: Critchley, A. T., M. Ohno, y D.B. Largo (eds.). World Seaweed Resources. ETI Bioinformatics. Univ. of Amsterdam, Netherland. pp: 1-86.
- Norrie, J. and Keathley, J. P. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine- plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. (Proceedings of the In: Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). Acta Hortic. 727(1): 243-248.
- Ñústez, C. E., M. Santos, S. L. Navia y J. M. Cortes. 2006. Evaluación de la fertilización fosfórica foliar y edáfica sobre el rendimiento de la variedad de papa 'Diacol Capiro' (*Solanum tuberosum* L.). Agronomía Colombiana 24(1): 111-121.
- OIV (Organización Internacional de la Viña y el Vino). 2012. Informe estadístico 2012 de la OIV sobre la vitivinicultura mundial. Viewed Junio 2019. <<http://www.oiv.int/oiv/info/esizmiroivreport>>.
- Oltra-Cámara, M. A., G. López, P. Talavera G., M. Giménez M., y V. J. Mangas M. 2007. Relación entre la clorosis férrica y el análisis foliar en limonero. In: Libro de resúmenes de la XVII Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal y del X Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. 18-21 de septiembre. Universidad de Alcalá de Henares, Fundación General. 1 p.
- Ospina-Salazar, D. I., J. A. Benavides-Bolaños, O. Zúñiga-Escobar, y C. G. Muñoz-Perea. 2018. Fotosíntesis y rendimiento de biomasa en ají Tabasco, rábano y maíz sometidos a agua tratada magnéticamente. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria 19(2): 291-305.
- Palacios, F. J. V. 2003. Clorosis férrica y su relación con el nivel de clorofila y hierro en diferentes órganos en palto (*Persea americana* Mill.). Memoria de Titulo. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 22 p.
- Peláez, R. E. E., D. P. Ramírez M., y G. Cayón S. 2010. Fisiología comparada de palmas africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), americana (*Elaeis oleifera* HBK Cortes) e híbridos (*E. oleifera* x *E. guineensis*) en Hacienda La Cabaña. Palmas 31(2): 10.
- Pestana, M., A. de Varennes, y E. Araújo. 2003. Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review. Food, Agriculture & Environment 1(1): 46-51.
- Razeto, B. y G. Valdés. 2006. Análisis de Hierro Soluble en Tejidos para Diagnosticar el Déficit de Hierro en Nectarino. Agricultura Técnica 66(2): 216-220.
- Razeto, B. y J. Palacios. 2005. Efecto de la clorosis férrica en el tamaño y la concentración de aceite en el fruto del palto (*Persa americana* Mill.). Agricultura técnica 65(1): 105-111.

- Rincón, C. A. y G. A. Ligarreto. 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(2): 122-128.
- Rivera-Ortiz P., B. I. Castro-Meza, y F. R. de la Garza-Requena. 2008. Clorosis férrica en cítricos y fertilización foliar. *Terra Latinoamericana* 27(1): 11-16.
- Rodríguez, L. P. 2010. Quelatos biodegradables y complejos como correctores de la clorosis férrica. Evaluación de complejos Fe-Lignosulfonato. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España. 260 p.
- Rodríguez-Delfín, A., A. Posadas, y R. Quiroz. 2014. Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 20(1): 19-28.
- Sabir, A., K. Yazar, F. Sabir, Z. Kara, M. A. Yazici, y N. Goksu. 2014. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae* 175(1): 1-8.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planificación Agrícola Nacional 2017-2030: Uva Mexicana. Viewed Noviembre 2018. <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257085/Potencial-Uva.pdf>>.
- Shehata, S. M., S. Abdel- Azem H., A. El-Yazied A., y M. El- Gizawy A. 2011. Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes Yield and its Quality of Celeriac Plant. *European Journal of Scientific Research* 58(2): 257-265.
- Spinelli, F., G. Fiori, M. Nofereni, M. Sproctti, y G. Costa. 2010. A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae* 125(3): 263-269.
- Spinelli, F., G. Fiori, M. Noferini, M. Sprocatti, y G. Costa. 2009. Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 84(1): 131-137.
- Subba, R. P. V., V. A. Mantri, y K. Ganesan. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chem* 102 (1): 215-218.
- Sunarpi, A., R. Jupri, N. I. Kurnianingsih, y A. Nikmatullah. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Bioscience*. 2(2):73-77.
- Tagliavini, M. y A. D. Rombolà. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *European Journal of Agronomy* 15(2): 71-92.

- Thirumaran, G., M. Arumugam, R. Arumugam, y P. Anantharaman. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* (L) Medikus. *American-Eurasian J. Agron.* 2(2):57-66.
- UNCIEP. 2006. Nutrientes del suelo. *In: Curso de Edafología.* Facultad de Ciencias. Universidad de la Republica Uruguay. pp: 83.
- Valdés, N. G. F. 2004. Diagnóstico de la clorosis férrica en duraznero mediante el análisis de hierro en distintos tejidos. Memoria de Título. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 28 p.
- Van Leeuwen, C. y G. Seguin. 2006. The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research* 17(1): 1-10.
- Zhang, Z., X. Tian, L. Duan, B. Wang, Z. He y Z. Li. 2007. Differential responses of conventional and Bt-transgenic cotton to potassium deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 30(5): 659-670. *ronment.* 10 (1): 911-918.
- Zodape S., A. Gupta, S. Bhandari, R. Rawat, D. Chaudhary, K. Eswaran, y J. Chikara. 2011. Foliar application of Seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Scientific & Industrial Research* 70: 215-219.