

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



APLICACIÓN DE UN EXTRACTO DE ALGA MARINA A UN VIÑEDO Y
RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LA MADERA

Tesis

Que presenta GADIEL CRUZ JARQUIN como requisito parcial para obtener el
Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

APLICACIÓN DE UN EXTRACTO DE ALGA MARINA A UN VIÑEDO Y
RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LA MADERA

Tesis

Elaborado por GADIEL CRUZ JARQUIN 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. Santos Gabriel Campos Magaña
Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Posgrado
UAAAN

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), por el apoyo económico brindado durante el transcurso de mi formación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (mi Alma Mater) y al programa de posgrado en ingeniería de sistemas de producción.

A la Vinícola San Lorenzo de Parras de la fuente Coahuila México por estar a disposición de la investigación y la innovación y sobre todo por darnos la oportunidad de realizar el trabajo en una de sus plantaciones de vid.

Mis más sinceros agradecimientos y grandes respetos al Dr. Alejandro Zermeño González, por todas sus atenciones, disposición y profesionalismo al ser partícipe desde el principio en todos los aspectos que conllevo la realización de este trabajo.

También quiero expresar mis respetos y agradecimiento a los miembros de mi comité particular de asesoría al Dr. Jorge Méndez López, Dr. Santos Gabriel Campos Magaña, por el apoyo que se requirió para la culminación de este Proyecto.

Al Ing. Aaron I. Melendres Alvares, por colaborar de forma muy activa en la elaboración y desarrollo de la investigación.

Agradezco también a todo el equipo de investigación dirigido por el Dr. A. Zermeño-González, a Luis, German, Agustín, a la compañera Blanca.

A mi familia por su gran apoyo y a todas esas personas que de alguna manera formaron parte de este trabajo y confiaron en mí.

Dedicatorias

A mis padres:

Sr. Arnulfo Cruz García por depositar en mí la esencia de la transformación, por confiar en mí, también por sus valiosos consejos en la vida y apoyarme en los aciertos y errores que he cometido.

Sra. Estela Jarquin González por darme la dicha de vivir, por ser una mujer maravillosa y luchadora de la vida. Le agradezco por darme el valor y el ánimo para poder lograr terminar este proyecto en mi vida.

A mis hermanos:

Hermilo Cruz, Elia Cruz, Minerva Cruz, Gloria Cruz, Violeta Cruz. Gracias por darme el impulso para seguir adelante y sobre todo por confiar en mí en todo momento, muchas gracias hermanos.

A mi novia Alicia, por brindarme el cariño y ayuda necesarios.

Índice General

Agradecimiento	iii
Dedicatorias	iv
Índice General.....	v
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	ix
Abstract.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
La biofertilización en la agricultura	4
Características de las Algas y sus Derivados (Extractos).....	5
Características de las algas marinas.....	5
Extracto de algas marinas en planta (beneficios).....	6
El contenido de clorofila y su relación con la aplicación de extracto de algas marinas.....	8
El crecimiento de la madera y su relación con la aplicación de extracto de algas marinas	8
Origen de la vid	8
Clasificación de la vid	9
Producción de vid en México y el mundo	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Ubicación de sitio de estudio	12
Manejo agronómico y producto aplicado	12
Contenido de clorofila	12
Intercambio neto de bióxido de carbono.....	13
Crecimiento del diámetro del tronco y las ramas primarias	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16

Contenido de clorofila en las hojas	16
Intercambio neto de bióxido de carbono.....	17
Crecimiento del diámetro del tronco y las ramas primarias	19
CONCLUSIONES	22
REFERENCIAS	23

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Contenido de clorofila en una plantación de vid (cv. Shiraz), con y sin aplicación del extracto de alga marina *Sargassum* spp. a través del ciclo de producción (mayo-agosto 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila. 17

Cuadro 2. Promedios diarios (de cada mes) de intercambio neto de CO₂ (mmol m⁻²) de una plantación de vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (Abril-Septiembre de 2014), sin y con aplicación del extracto de la alga marina *Sargassum* spp. Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila. 19

Índice de Figuras

Figura 1. Sensores de un sistema Eddy sobre una plantación de vid (cv. Shiraz) para medir el intercambio neto de bióxido de carbono (NEE) entre el dosel del viñedo y la atmosfera..... 14

Figura 2. Incremento acumulado del diámetro del tronco y de las ramas principales de las plantas de vid cv Shiraz, con y sin aplicación del biofertilizante durante el ciclo de producción de 2014. Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.
..... 21

Resumen

**APLICACIÓN DE UN EXTRACTO DE ALGA MARINA A UN VIÑEDO Y
RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LA MADERA**

GADIEL CRUZ JARQUIN

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

La aplicación de extractos de algas marinas como biofertilizante al suelo y follaje incrementa el contenido de clorofila, y el crecimiento de los cultivos, lo que debe estar relacionado con el incremento de biomasa de las plantas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base del extracto del alga marina *Sargassum spp* al suelo y follaje de un viñedo (*Vitis vinifera* L.) cv Shiraz en el contenido de clorofila, tasa de fotosíntesis y el crecimiento de la madera. El estudio se estableció en dos secciones de 5.2 ha de un viñedo del cultivar mencionado en la Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila, durante el ciclo de producción abril-septiembre de 2014. A una de las secciones se le aplicó el biofertilizante al suelo y vía foliar. El contenido de clorofila de las hojas se midió cada 15 días en ambas secciones entre las 12 y las 14:00 h con un medidor portátil (SPAD 502 Plus, Spectrum, Technologies, Inc.). La tasa de fotosíntesis del dosel del viñedo se obtuvo instalando un sistema de medición de covarianza eddy en cada sección del viñedo. El crecimiento de la madera se determinó midiendo el incremento del diámetro del tronco y de las dos ramas principales de cada las plantas. Los resultados del estudio mostraron que la aplicación del extracto del alga marina al suelo y foliar incrementó 2.68 % el contenido de clorofila de las hojas (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). El contenido mayor de clorofila se reflejó en un aumento tanto del diámetro del tronco (38.75 %) como el de las ramas primarias (31.30 %) (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$).

Palabras clave: Covarianza eddy, asimilación neta, secuestro de carbono, *Vitis vinifera*

Abstract

**SEAWEED EXTRACT APPLYING TO A VINEYARD AND RELATION TO
WOOD GROWTH**

GADIEL CRUZ JARQUIN

MASTER OF SCIENCE PRODUCTION SYSTEMS ENGINEERING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ

Saltillo, Coahuila

December, 2015

The applying of seaweed extracts as biofertilizers to the soil and crop foliage increases the leaf chlorophyll content and the crops growth, which must be related with an increase of the plant biomass. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of applying a biofertilizer based on the extract of the seaweed *Saragassm spp.* to the soil and foliage of a vineyard (*Vitis vinifera*, L) cv. 'Shiraz' on the leaves chlorophyll content, photosynthesis rate and the wood growth. The study was established in two sections of 5.2 ha of a vineyard of the cv. mentioned at the San Lorenzo Wine Company, Parras, Coahuila, during the 2014 april-september growing cycle. To one of the sections, the biofertilizer was applied to the soil and foliage. The leaf chlorophyll content was measured every 15 days in both sections between the 12:00 and 14:00 h using a portable gauge (SPAD 502 Plus, Spectrum, Technologies, Inc.). The photosynthesis rate of the vineyard canopy was obtained by installing an eddy covariance system at each section. The wood growth was determined by measuring the increase diameter increase of the trunk and the two primary branches of the plants. The results of the study showed that the applying of the seaweed extract to the soil and foliage increased 2.68 % the leave chlorophyll content (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). The highest chlorophyll content was reflected in an augment of the trunck diameter (38.75%) as well as the diameter of the primary branches (31.30 %) (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$).

Index words: Eddy covariance, net ecosystem exchange, carbon sequestration, *Vitis, vinifera*.

INTRODUCCIÓN

Los extractos de algas marinas como biofertilizantes, son sustancias naturales bioactivas solubles en agua. Son fertilizantes orgánicos que promueven el desarrollo, crecimiento y rendimiento de cultivos (Norrie and Keathley, 2005). Estos se pueden usar como suplementos nutricionales que se pueden aplicar en forma líquida o granular (polvo), vía foliar o al suelo (Hernández-Herrera *et al.*, 2014). En los últimos años, el uso de extractos de algas marinas como biofertilizantes ha permitido la sustitución parcial de fertilizantes minerales convencionales (Sathya *et al.*, 2010; Zodape *et al.*, 2011).

Las algas marinas contienen una amplia gama de sustancias bioactivas tales como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, 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). La aplicación de extractos de algas marinas estimula 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 y capacidad de retención de agua del suelo (Selvaraj *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2009). Las algas marinas también estimulan la actividad biológica (respiración y movilización del nitrógeno) del suelo ya que promueve la diversidad microbiana, creando así un medio ambiente adecuado para el crecimiento de la raíz (Sarwar *et al.*, 2008).

La aplicación del extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) incrementó el contenido de clorofila en las hojas de vid (*Vitis vinifera*), resultando en un mayor rendimiento y calidad de los frutos (Sabir *et al.*, 2014). Selvam and Sivakumar (2014) mencionan que la aplicación foliar de extractos líquidos de algas marinas rojas *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (*H. musciformis*) a una concentración de 2 % incrementó el contenido de clorofila en hojas de las

plantas de un cultivo de cacahuate (*Arachis hypogaea L.*), que resultó en mayor vigor y rendimiento.

La vid es un cultivo predominante en el hemisferio norte. Su importancia radica en la diversificación de los mercados: consumo en fresco (principalmente en el mercado nacional); la industria juguera y, sobre todo, la industria vitivinícola, que es la de mayor oportunidad de crecimiento a corto plazo debido a la demanda existente, tanto a nivel nacional como internacional del vino de mesa (El Economista, 2013). En México, la producción de vid se concentra en cinco estados (Sonora, Zacatecas, Baja California, Aguascalientes y Coahuila) que reportan anualmente 98.2 % del total del volumen de producción (El Economista, 2013).

La vid por ser una planta leñosa, puede tener una participación importante en el secuestro de carbono atmosférico, ya que los viñedos pueden estar en producción en promedio 15 años (Calleja-Cervantes *et al.*, 2015), el carbono se secuestra en el crecimiento anual de la madera, principalmente por el crecimiento del diámetro del tronco y de las ramas principales (laterales) de las plantas. En este contexto, Piña y Bautista (2006) reportaron un incremento anual del diámetro del tronco de 2.6 mm en los cultivares Moscatel de Alejandría (*Vitis Vinifera L.*).

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 (Spinelli *et al.*, 2009; Thirumaran *et al.*, 2009; Sunarpi *et al.*, 2010; Bai *et al.*, 2011; Kumari *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014). Sivasankari *et al.* (2006) reportaron que el contenido de clorofila y la asimilación de bióxido de carbono del cultivo de chicharo silvestre (*Vigna sinensis*) aumentó con la aplicación de extractos de las algas marinas *Sargassum wightii*. Estos efectos combinados se deben reflejar en un mayor vigor de las plantas y crecimiento de la madera, por lo que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del

biofertilizante (Algenzims[®]) derivado del extracto del alga marina *Saragassm spp* al suelo y al follaje, en el contenido de clorofila, la tasa de asimilación de bióxido de carbono y el crecimiento del diámetro del tronco y las ramas primarias de las plantas.

Objetivos

Evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base del extracto del alga marina *Saragassm spp* al suelo y follaje de un viñedo (*Vitis vinífera* L.) cv Shiraz en el contenido de clorofila, tasa de fotosíntesis y el crecimiento de la madera.

Hipótesis

Existe una relación entre la aplicación de algaenzimas, la tasa de fotosíntesis y el crecimiento de la madera.

REVISIÓN DE LITERATURA

La biofertilización en la agricultura

Los biofertilizantes son insumos orgánicos, que pueden ser extractos de algún material biológico, éstas cumplen funciones directas o indirectas en la nutrición, bien sea, supliendo o haciendo disponible elementos esenciales para los cultivos, así como, suministrándole sustancias de crecimiento y defensa ante condiciones de estrés biótico o abiótico (Craigie, 2010; Rebours *et al.*, 2014).

La biofertilización desde sus comienzos, ha sido, muy buena alternativa para su implementación en los diversos cultivos en su avance en la historia (López, 1999). En México, en el año de 1987 se comenzó a implementar la biofertilización a base de algas, principalmente al suelo, con esta nueva alternativa fueron notorias las cosechas y la calidad de los frutos, básicamente porque se administra a los cultivos macro y micronutrientes necesarios para la planta, también se observaron 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento (López, 1999).

La observación durante el ciclo de cultivo de todas las plantas, es muy necesario durante la implementación de la biofertilización de cualquier género, debido que los macro y micronutrientes se reflejan con el periodo. Tal es el caso de los biofertilizantes líquidos que son bioproductos obtenidos mediante fermentación anaeróbica de residuos animales, vegetales y minerales (Chávez, 2011).

Los biofertilizantes líquido y en polvo, en estos días, son los más utilizados, la primera por ser de fácil implementación en la hora del riego mientras el cultivo así lo requiera y la segunda por sus ventajas de traslado, de igual manera es de fácil implementación por medio de la dilución con el agua. Existen también otros biofertilizantes con diferentes características físicas, estos son utilizados

según las facilidades y respuesta del cultivo, en cualquier región (Sangeetha, 2010).

La respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas y condiciones ambientales (Bojórquez, 2010).

En los últimos 20 años la utilización de extractos de algas marinas ha estado arrojando respuestas positivas y han sido observadas por los agricultores asiáticos. En la actualidad se les considera uno de los continentes pioneros en la utilización de este material biológico por la mayor ganancia que proporciona el uso de extractos de algas marinas (Frikha, 2011).

Características de las Algas y sus Derivados (Extractos)

Características de las algas marinas

Las algas tienen la capacidad de sintetizar todas las sustancias esenciales para desarrollar su metabolismo, esto a partir de sustancias inorgánicas, de esta manera no necesitan de otro organismo para su vivencia (autótrofos). Generalmente viven en aguas saladas o dulces y pertenecen a una de las formas menos evolucionadas del reino vegetal (Marchiaro, 2013).

Los autótrofos obtienen los átomos y la energía que necesitan de fuentes abióticas, como la luz solar (fotosíntesis) o las reacciones químicas entre sustancias minerales, así como de fuentes inorgánicas, como el dióxido de carbono, lo cual convierten en moléculas orgánicas que utilizan para desarrollar funciones biológicas, como su propio crecimiento celular, además de servir de alimento a los heterótrofos (Martin, 2008).

Las algas están provistas de clorofila, generalmente en todo el cuerpo, en algunas acompañadas de otras coloraciones la cual es muy fácil pasarlas por

desapercibidas bajo el agua; el tallo puede ser ramificado y en forma laminar (Bula-Meyer, 2004).

A partir del dióxido de carbono (CO_2), las algas marinas son capaces de elaborar sustancias orgánicas y de sustancias inorgánicas, este proceso fotosintético se desarrolla por medio de la clorofila, esto no es más que una pigmentación de color verde generalmente presente en las células por todo el cuerpo y son las que se encargan de transformar la energía del sol en alimento (Marchiaro, 2013).

Extracto de algas marinas en planta (beneficios)

En los últimos años se ha incrementado el interés por la búsqueda de compuestos reguladores de crecimiento y bioactivos en organismos marinos. Numerosas revisiones señalan que los derivados de algas cumplen papeles importantes en la activación hormonal de las plantas, también son productoras principales de bioactivos y en algunos casos con estructuras moleculares no encontradas en otros organismos, con posibles usos antibacterianos (Ríos *et al.*, 2009). A su vez los extractos de algas marinas son fertilizantes orgánicos naturales que incitan a la germinación de semillas, también favorecen al incremento y buen desarrollo de los cultivos.

Las buenas cosechas han sido reflejos de los beneficios nutricionales y fisiológicos que las algas han proporcionado a los cultivos por medio de extractos, esto es por las sustancias naturales contenidas que hasta hoy se han reportado efectos totalmente positivos, tales que funcionan como reguladores de las plantas, contenido proteínico, sustancias en contra de enfermedades y algunas plagas, carbohidratos, ácidos orgánicos, etc. (Frikha, 2011).

Químicamente las algas son ricas en minerales y carbohidratos y su concentración supera mucho más a las de proteínas y grasas. Por lo general un alga no procesada tiene un contenido similar de nitrógeno (N) al de muchos

abonos animales, con menos fósforo (P), pero con más potasio (K), total de sales y gran disponibilidad de micronutrientes (Valdés, 2010).

La falta de boro (B) en las manzanas produce una textura semejante al corcho (esponjosa), en la coliflor produce dureza, coloración purpura y pocas semillas y endurecidas. La deficiencia de zinc (Zn) en la planta hace que se produzcan pocas hojas y de manganeso hace que las plantas están pálidas y amarillentas. Una planta pequeña con una raíz bastante reducida puede indicarnos que le falta cobre (Cu) y así existen innumerables casos en el cual la planta se refleja al carecer algún nutrimento (Leyton, 2007).

Las macro algas marinas contienen todos los nutrientes mayores y menores y elementos trazas para las plantas, los carbohidratos puede actuar como agentes quelantes. Los ácidos algínico, la laminarina y el manitol (presentes en algas pardas) son contenidos en las preparaciones comerciales, representa alrededor de la mitad del contenido total de carbohidratos. Las algas también influyen un amplio rango de aminoácidos y vitaminas esenciales para el crecimiento que podría ser utilizado por las plantas en los cultivos (De Lara *et al.*, 2005).

Los minerales y elementos trazas no son los únicos que hacen a las algas deseables en las huertas. Existen compuestos bioactivos que pueden influenciar el crecimiento celular, estas son las hormonas conocidas como auxinas, giberelinas y citoquininas, ellas no solo actúan directamente sobre el crecimiento de las plantas, sino que también parecen actuar como catalizadores para estimular las hormonas de la planta misma (Leyton, 2007).

Los experimentos por muchos años compararon la nutrición de plantas con algas con aquellos compuestos sintéticos, demostrando que las ultimas tienen un mayor desarrollo más pobre de la raíz, área foliar y crecimiento que las tratadas con algas (Valdés, 2010).

El contenido de clorofila y su relación con la aplicación de extracto de algas marinas

En 2012, Hernández observó que en la aplicación de extracto de alga marina (*Sargassum platycarpum*) en el cultivo de lechuga, aumenta considerablemente el contenido de clorofila en comparación con los no aplicados.

Whapham *et al.*; (1993) descubrieron que las betainas (alcaloides) de alga parda *Ascophyllum nodosum* produjeron en plantas de tomates un incremento sorprendente en la clorofila y aumento en el tamaño de las hojas.

Estudios recientes mencionan la gran importancia de los biofertilizantes principalmente derivados de algas marinas en la formación de la pigmentación de las plantas, tal es el caso de la *Macrocystis pirifera* que responde de manera significativa en el aumento de clorofila para el chile jalapeño dulce (Gopinath *et al.*, 2008).

El crecimiento de la madera y su relación con la aplicación de extracto de algas marinas

Las algas marinas y/o sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es ya común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Thirumaran *et al.*, 2009).

Origen de la vid

La vid tiene unos orígenes inciertos, aunque su antigüedad, está atestiguada por las hojas y semillas fosilizadas aparecidas en depósitos del Paleoceno y del Eoceno (Columela, 2011).

La invención del vino se remonta a épocas prehistóricas, tal vez al nacimiento de las primeras civilizaciones en Oriente Próximo. La humanidad, representada por seres que trabajan, discuten, aman y sufren, aparece en escena acompañada de una jarra de vino (Columela, 2011).

Las primeras voces que se conservan del vino, probablemente, fueron creadas en Armenia (oini), por Azerbaiyán, comarca en la que parece ser que nació el vino, de donde pasaron a Grecia (oinós) y luego a Roma, cuya voz, vinum, se impuso definitivamente, tanto en lenguas romances, como en la mayor parte de las que no lo son (Jurado, 2001).

La vid (*Vitis vinifera* L.), podría definirse como aquel arbusto o planta leñosa trepadora, caducifolia, que se cultiva por sus frutos comestibles y vinificables. Melífero. Se cultiva en zonas templadas de todo el mundo. Ornamental (Sánchez-Monge y Parellada, 2001).

Clasificación de la vid

La vid pertenece a la división espermafitas, subdivisión angiosperma, clase dicotiledónea, subclase archiclamydeas, al orden de las Ramnales y familia de las Vitáceas donde quedan incluidas todas las vides Europeas, destacando la especie *Vitis vinifera* L. (que cuenta con más de 10,000 variedades), vides americanas como *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*, las cuales no tienen la calidad en sabor y consistencia para ser consumidas como *V. vinifera*, por lo que su uso es principalmente el de ser progenitores de patrones o porta injertos (Padilla, 2006).

Las vides son arbustos trepadores con zarcillos opuestos a las hojas, alternas y generalmente con estipulas; flores pequeñas, regulares, en general hermafrodita; estambres opuestos a los pétalos; corola de la prefloración valvar, discos nectaríferos tubulosos; pistilos de dos carpelos generalmente

bilobulados; inflorescencia en racimos compuestos; fruto en baya; semilla de testa dura y gruesa, albumen corneo y embrión pequeño.

Las vides poseen un sistema denso de raíces de crecimiento rápido con gran capacidad de colonización del suelo y subsuelo con finalidad nutritiva y anclaje de las cepas, el pámpano se denomina a los ramos de año, es decir, a las formaciones vegetativas de crecimiento antes de su agostamiento y lignificación, la sumidad es la parte terminal del pámpano; la forma de curvatura, color del borde y forma de abrirse las primeras hojas son caracteres muy útiles para la diferenciación de especies y cultivares, se deben diferenciar distintos tipos de yemas según su posición; yemas terminales, que conducen a simpodios seriados, yemas axilares, yemas vistas, yemas basales y yemas mixtas (Padilla, 2006).

La vid al ser una planta leñosa tiene por lo general una vida muy larga, cuenta con un periodo juvenil que dura aproximadamente de 3 a 5 años, durante el cual no es capaz de producir flores; en general las yemas que se forman durante un año no se abren hasta el siguiente. La necesidad de mantener vivo el aparato epigeo, troncos, ramas, durante el invierno o tiempo de sequía hace a las plantas más exigentes en cuestión de clima y fertilidad, por lo que no viven en temperaturas extremas ni demasiado cerca de los polos ni de los desiertos, la vid es un cultivo frutícola de importancia en todo el mundo, siendo *Vitis vinifera* L. la especie que domina la producción comercial. Además de esta especie, se sabe que en el género *Vitis*, existen alrededor de 60 especies más, distribuidas principalmente en el hemisferio norte (Columela, 2011).

A pesar de que diferentes especies de *Vitis* son importantes para el mejoramiento genético, a nivel mundial, se registra una alta tasa de erosión y pérdida de la diversidad en estas especies. Datos recientes indican que en Francia solo se propagan 133 cultivares de uva para vino y 28 de ellas representan más del 90% de las plantas injertadas. No solo el cultivo de *V.*

vinífera ha desplazado a muchas vides silvestres, factores tales como accidentes y otras actividades humanas limitan también la cantidad de estas plantas (Boursiquot, 2000).

Producción de vid en México y el mundo

Por otro lado, el mercado del vino en México ha experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años, promediando un crecimiento del 20% anual en ventas. El desarrollo que ha tenido la cultura del vino en México ha sido fuerte y sostenido, por lo que el mercado presenta una atractiva oportunidad de inversión (Instituto Español de Comercio Exterior, 2010).

Por otra parte, cabe mencionar que en los últimos años se ha visto un notable incremento en el número de vinos producidos nacionalmente. Casas ya establecidas han ampliado sus líneas, y nuevos productores han entrado al mercado, pasando de 201 etiquetas nacionales en 2008 a 308 en 2009, y a 353 para mediados de 2010; lo que representa un crecimiento de número de etiquetas anual compuesto del 33% (Instituto Español de Comercio Exterior, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de sitio de estudio

El estudio se hizo en la Vinícola San Lorenzo ubicado en Parras, Coahuila, México, a 25° 26' N, 102° 10' O y una altitud de 1500 msnm. El clima de la región es seco semicálido, con temperatura media anual de 20.2 ° C, precipitación promedio de 374.2 mm y tasa de evaporación de 2 118 mm.

El trabajo se desarrolló en dos secciones de 5.2 ha cada una (204 m en la dirección E-O, por 256 m dirección N-S), dentro de un viñedo cv. Shiraz. El viñedo fue de ocho años de edad y una altura de 2 m en su máximo desarrollo foliar. Las plantas están en un marco de plantación de 1.5 m entre plantas y 2.5 m entre hileras, con una densidad de 2 620 plantas ha⁻¹.

Manejo agronómico y producto aplicado

El viñedo se riega con un sistema de riego por goteo (0.75 m entre emisores), aplicando un gasto de diario de 2.0 L h⁻¹. Cada sección recibió el mismo manejo del cultivo (poda, fertilización y control fitosanitario), de acuerdo con las normas establecidas por la Vinícola San Lorenzo.

El 14 de marzo de 2014, a una de las secciones del viñedo se le aplicó al suelo 1 L ha⁻¹ del extracto del alga marina, *Sargassum* spp. (Con base al biofertilizante Algaenzims[®]). Posteriormente, a la misma sección, el 29 de abril del mismo año se aplicó vía foliar la misma dosis del producto mencionado.

Contenido de clorofila

Las diferencias en contenido de clorofila entre las plantas con y sin aplicación del extracto de alga marina se evaluaron con un diseño completamente al azar con dos tratamientos (con y sin aplicación del biofertilizante) y 10 repeticiones, siendo la unidad experimental el promedio de seis lecturas de clorofila por hoja de 10 hojas por planta de un grupo de tres plantas, de tal forma que cada repetición correspondió a la media de 180 lecturas. El contenido de clorofila de

las hojas se obtuvo con un medidor portátil (SPAD 502 Plus, Spectrum, Technologies, Inc.). Las hojas muestreadas fueron de la parte media de cada brote en condiciones de sombra evitando la exposición del SPAD a la radiación solar directa. Las mediciones se realizaron aproximadamente cada 15 días durante los meses del ciclo de producción del viñedo (abril a septiembre de 2014). La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Intercambio neto de bióxido de carbono

El intercambio neto de bióxido de carbono (NEE) entre el dosel del viñedo de cada sección y la atmósfera se obtuvo con la siguiente relación (Martens *et al.*, 2004):

$$NEE = FCO_2 + \frac{\Delta\rho CO_2}{\Delta t} * \Delta Z \quad (1)$$

Dónde: FCO_2 es el flujo de bióxido de carbono entre el dosel de la plantación y la atmósfera (medido con el método de la covarianza eddy), $\Delta\rho CO_2$ es el cambio en la densidad de CO_2 medido a la altura Δz , Δt es el intervalo de tiempo (30 min), Δz es la altura sobre la superficie del suelo a la que se realizan las mediciones de flujo (3 m). El FCO_2 se obtuvo con mediciones de covarianza de remolinos (Ham and Heilman, 2003), con la relación:

$$FCO_2 = \overline{w'pCO_2'} \quad (2)$$

Dónde: w es la velocidad vertical del viento, pCO_2 es la densidad de bióxido de carbono. Las variables con símbolo de prima significan desviaciones respecto a la media y la barra horizontal sobre dos variables denota la covarianza entre las variables para un determinado segmento de tiempo (30 min). Para esto se instaló en cada sección del viñedo un sistema eddy con los sensores correspondientes (Figura 1). La velocidad vertical del viento se midió con un anemómetro sónico tridimensional (CSI-CSAT3, Campbell, Scientific, Inc., Logan, Utah, EE.UU.); para obtener pCO_2 se usó un analizador infrarrojo de bióxido de carbono y vapor de agua de sendero abierto (Open Path CO_2/H_2O analyzer, LI-7500. LI-COR, Lincon, Nebraska, EE.UU).



Figura 1. Sensores de un sistema Eddy sobre una plantación de vid (cv. Shiraz) para medir el intercambio neto de bióxido de carbono (NEE) entre el dosel del viñedo y la atmósfera.

Los sensores se montaron en un poste a 3 m de altura (1 m sobre el dosel del viñedo), que se colocó en la parte media de una hilera de plantas en el extremo Oeste de cada sección del viñedo. El anemómetro sónico tridimensional se orientó hacia el Este, para lograr que el viento tuviera por lo menos 200 m de contacto con la superficie vegetal en la dirección Este-Oeste y 125 m en la dirección norte-sur, antes del contacto con los sensores. Los vientos provenientes del Oeste que impactaban en la parte posterior del anemómetro sónico tridimensional no se consideraron en las determinaciones de los flujos. La velocidad vertical del viento y la densidad del CO_2 se midieron a una frecuencia de 10 Hz con un datalogger CR1000 (Campbell, Scientific, Inc., Logan, Utah, EE.UU). Las covarianzas correspondientes se calcularon cada 30 min. Las diferencias estadísticas en el intercambio neto de CO_2 en las dos secciones (con y sin la aplicación del extracto de la alga mariana) se evaluaron con la prueba no paramétrica de Wilcoxon para poblaciones pareadas ($\alpha < 0.01$).

Crecimiento del diámetro del tronco y las ramas primarias

El crecimiento del diámetro del tronco y de las ramas primarias se realizó a una frecuencia de aproximadamente 20 días durante el ciclo de producción del viñedo (abril a septiembre). El diámetro del tronco se midió a 20 cm sobre la superficie del suelo en cuatro plantas de cada sección. El diámetro de las dos ramas principales de cada planta se midió a 20 cm de la línea vertical que pasa por el centro del tronco. La unidad experimental correspondió al valor promedio del diámetro del tronco de las cuatro plantas de cada sección del viñedo. Similarmente, para el diámetro de las ramas, la unidad experimental consistió en el promedio de las dos ramas de cada una de las cuatro plantas de cada sección (8 mediciones por unidad experimental). Las mediciones se realizaron con un vernier digital, y el crecimiento del diámetro del tronco y de las ramas se determinó por diferencia en las mediciones entre fechas consecutivas de muestreo. La comparación estadística en el crecimiento de la madera (tronco y ramas) entre las dos secciones (con y sin aplicación del biofertilizante) se realizó con la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.01$) ya que las series de tiempo presentaron correlación serial ya que los datos correspondieron a series de tiempo no estacionarias con correlación serial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de clorofila en las hojas

En todas las fechas de muestreo, la aplicación del extracto del alga marina al suelo y vía foliar resultó en un contenido de clorofila de las hojas igual o mayor al contenido en las hojas de las plantas sin aplicación (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 1). Este efecto probablemente se debió a que el extracto de alga marina contiene sustancias como betainas y micro elementos como el hierro, que se requieren en la síntesis de clorofila en las hojas. Nótese que el contenido de clorofila de las hojas de los dos tratamientos se incrementó de la fecha de muestreo 15 de mayo a la del 11 de julio, esto se debió al incremento de los pigmentos de clorofila de las hojas por la maduración de las mismas. De esta fecha al 25 de julio, se tuvo poca variación del contenido de clorofila y del 15 de agosto al 3 de octubre el contenido de clorofila tuvo una tendencia decreciente, debido a la pérdida de pigmentos por la progresión de la senescencia de las hojas (Ahmed and Shalaby, 2012; Nagy and Pintér, 2015)

El promedio del contenido de clorofila del periodo evaluado (mayo-octubre) en la sección con aplicación del biofertilizante al suelo y foliar fue de 40.92 mientras que en la sección sin aplicación fue 39.85. Esto correspondió a un incremento de 2.68%. Estudios previos han reportado incrementos del contenido de clorofila por efecto de la aplicación de extractos de algas marinas. Por ejemplo, Spinelli *et al.* (2010) mostraron que la aplicación del extracto de la alga marina *Ascophyllum nodosum* a una concentración del 2% a un cultivo de fresa (*Fragaria moschata*) incremento 11% el contenido de clorofila en las hojas, y 27% la tasa de fotosíntesis. Otros estudio han reportan que con la aplicación foliar de extractos de las algas marinas *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria spp.* y *Sargassum spp.* a una dosis de 1 y 2% respectivamente, incrementó el contenido de clorofila en las hojas de un cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) lo que pudo deberse a la presencia de betaínas sustancia presente en el fertilizante

líquido de algas marinas la cual aumenta el contenido de clorofila en las hojas (Shehata *et al.*, 2011). Similarmente, Spinelli *et al.* (2009) observaron un incremento de 12% en el contenido de clorofila en hojas de manzano (*Malus Domestica*) con la aplicación de un biofertilizante derivado del extracto de la alga marina *Ascophillum nodosum* a una concentración de 3%, el hierro es un elemento esencial para la biosíntesis de la clorofila que estuvo presente en el extracto aplicado.

Cuadro 1. Contenido de clorofila en una plantación de vid (cv. Shiraz), con y sin aplicación del extracto de alga marina *Sargassum* spp. a través del ciclo de producción (mayo-agosto 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

Fecha	Sin aplicación del biofertilizante	Con aplicación del biofertilizante
15 de mayo	36.40 ^a	35.14 ^a
30 de mayo	39.07 ^a	39.74 ^a
12 de junio	38.94 ^b	42.01 ^a
27 de junio	40.90 ^b	42.96 ^b
11 de julio	43.07 ^b	44.02 ^b
25 de julio	43.45 ^a	44.02 ^a
15 de agosto	41.64 ^a	42.11 ^a
29 de agosto	39.80 ^a	41.11 ^a
18 de septiembre	40.09 ^b	41.66 ^a
3 de octubre	35.09 ^a	36.43 ^a

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

Intercambio neto de bióxido de carbono

La aplicación del extracto de alga marina no tuvo efecto en la tasa de intercambio neto de CO₂ (NEE) entre el dosel del viñedo y la atmósfera (Cuadro 2) (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). La tasa promedio diaria mensual de intercambio neto de CO₂ de abril a septiembre fue mayor en la sección del viñedo sin la aplicación del biofertilizante. El promedio diario mensual de los meses mencionados fue 274.57 y 205.09 mmol m⁻² en la sección sin y con aplicación

del extracto, que representó una diferencia de 38.87 %. Esto probablemente se debió al crecimiento de yerba en los pasillos entre las hileras de plantas, ya que el área cubierta por los pasillos es mucho mayor que la del dosel de las plantas del viñedo. De tal forma que la asimilación de CO₂ fue mayor en la yerba que creció en los pasillos de la sección del viñedo sin aplicación del biofertilizante, que la correspondiente a la sección con aplicación.

Nótese que en ambas secciones del viñedo, la tasa de asimilación de CO₂ promedio diaria mensual aumentó de abril a mayo (debido al desarrollo vegetativo de las plantas) en junio y julio se tuvo un decremento de asimilación que se debió a la poda de ramas (realizada la primera semana de junio); la tasa de asimilación decreció en agosto y septiembre por la senescencia de las plantas (Cuadro 2). La máxima tasa de asimilación diaria de CO₂ fue 417.41 mmol m⁻² observada en la sección del viñedo sin aplicación del extracto de alga marina en el mes de mayo (Cuadro 2). Debido a que en las plantaciones de vid, las hileras de plantas cubren solo una pequeña parte de la superficie total, la asimilación de CO₂ por el dosel del viñedo es menor que la que se observa en cultivos de cobertura total. Por ejemplo, Vote *et al.* (2015) reportaron una tasa de asimilación de 1 775 mmol m⁻² d⁻¹ en un cultivo de maíz (*Zea mays*) y 725 mmol m⁻² d⁻¹ en arroz (*Oryza sativa*). Para caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) la tasa de asimilación a mediados del otoño fue 571.08 mmol m⁻² d⁻¹ (Zermeño-González *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Promedios diarios (de cada mes) de intercambio neto de CO₂ (mmol m⁻²) de una plantación de vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (Abril-Septiembre de 2014), sin y con aplicación del extracto de la alga marina *Sargassum* spp. Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

Tratamientos	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Sin aplicación	211.98 ^a	417.41 ^a	382.14 ^a	366.44 ^a	187.64 ^a	81.83 ^a
Con aplicación	123.60 ^b	298.10 ^b	245.48 ^b	284.50 ^b	209.02 ^b	69.84 ^b

Medias con letra diferente dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$).

Crecimiento del diámetro del tronco y las ramas primarias

La aplicación del biofertilizante a base del extracto del alga marina *Sargassum* spp. incrementó el crecimiento del diámetro del tronco y de las ramas principales de las plantas (Figura 2). En las diferentes fechas de muestreo, el crecimiento acumulado del diámetro del tronco y de las ramas principales fue mayor en la sección del viñedo con aplicación del biofertilizante (Figura 2) (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). El crecimiento total del diámetro del tronco en el transcurso del ciclo de producción (marzo a octubre de 2014) fue 6.265 mm en la sección con aplicación del biofertilizante y 4.509 mm en la sección sin la aplicación. Esto represento una diferencia de 38.75% (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). Similarmente, el crecimiento total del diámetro del tronco de las ramas principales de la sección del viñedo con aplicación fue 5.551 mm y 4.245 el de la ramas sin aplicación, que representó una diferencia de 31.30 % (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.01$). Esto probablemente se debió a un mayor contenido de clorofila de las hojas por efecto de la aplicación del extracto de alga marina.

El incremento del diámetro del tronco observado en este estudio fue mayor al reportado por Marquéz *et al.* (2007) de una plantación de vid (*Vitis vinífera* L) cv Perlette y Sugraone (2.854 mm). Myburgh (1996) reporto incrementos del diámetro del tronco de hasta 5.7 mm en el ciclo de producción del viñedo cv

Barlinka por el mayor contenido de humedad del suelo. Sin embargo, el crecimiento del tronco solo fue de 2.3 mm en las plantas testigo (menor humedad). Ramírez *et al.*, (2010) observaron un mayor desarrollo de troncos y ramas de plantas de Tulipanes (*Tulipa gesneriana* L.) por un contenido más alto de clorofila.

Silva *et al.* (2001) reportaron que los extractos de algas marinas tuvieron un efecto importante en el contenido de clorofila y desarrollo de las plantas de girasol (*Helianthus annuus* L.), ya que la aplicación del extracto de algas aumentó el diámetro de tronco hasta 2.5 cm y 242.53 cm de altura, en comparación con las plantas testigo. Estos incrementos también se han observado en plantas leñosas. Mosquera-Losana y Rigueiro-Rodríguez, (2007), reportaron un incremento anual de hasta 8 mm del diámetro de tronco de *Pinus Pinaster* bajo fertilización a base de residuos de algas marinas. Según Bula-Meyer (1990) y Zermeño-González *et al.* (2015) los extractos de algas marinas contienen sustancias bioactivas que ayudan al crecimiento celular, e incremento de la biomasa en las plantas.

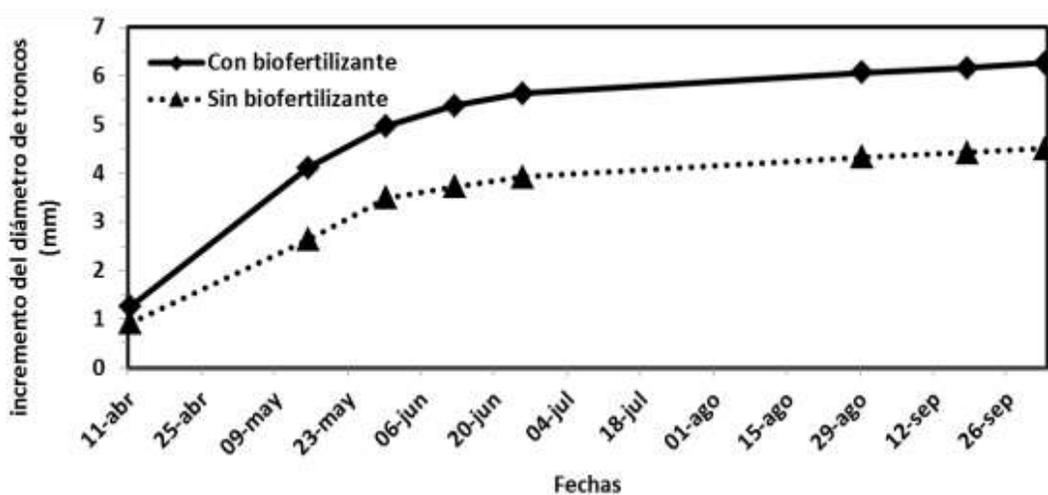
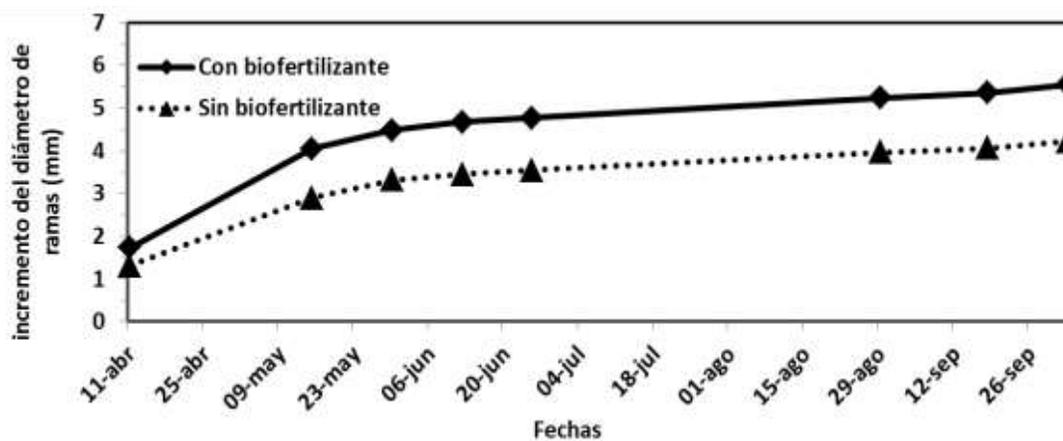


Figura 2. Incremento acumulado del diámetro del tronco y de las ramas principales de las plantas de vid cv Shiraz, con y sin aplicación del biofertilizante durante el ciclo de producción de 2014. Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

CONCLUSIONES

La aplicación del extracto del alga marina *Sargassum spp* al suelo y vía foliar a una plantación de vid cv. Shiraz incrementó el contenido de clorofila de las hojas de las plantas. El mayor contenido de clorofila, incrementó el crecimiento del diámetro del tronco y de las ramas principales de las planas, pero no tuvo efecto en el intercambio neto de bióxido de carbono entre el dosel del viñedo y la atmósfera, esto debido al crecimiento de yerba en los pasillos entre las hileras del viñedo.

REFERENCIAS

- Ahmed, Y. M. and E. A. Shalaby. 2012. Effect of Different Seaweed Extracts and Compost on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Cucumber. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*. 4(3): 235-240.
- Bai, N. R., R. M. Christi, and T. C. Kala. 2011. Seaweed liquid fertilizer as an alternate source of chemical fertilizer in improving the yield of *Vigna radiata* L. *Plant Archives*. 11(2): 895-898.
- Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., & Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.
- Boursiquot, J. M. 2000. Development of methods for the conservation and the management of grape genetic resources. *Acta Horticulturae*. 2(115): 33-38.
- Bula-Meyer, G. (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del Sargassum flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia. *INTROPICA*, 1(1).
- Calleja-Cervantes, M. E., Fernández-González, A. J., Irigoyen, I., Fernández-López, M., Aparicio-Tejo, P. M. & Menéndez, S. 2015. Thirteen years of continued application of composted organic wastes in a vineyard modify soil quality characteristics. *Soil Biology and Biochemistry*, 90: 241–254.
- Hernández, J. P. C. (2012). Evaluación del efecto del uso de fertilizantes foliares con acción bioestimulante, sobre la producción y calidad de lechugas.
- Chávez, E., León, R., Ruíz, O., Averos, C., & Peralta, E. (2011). Aplicación de biofertilizantes líquidos de producción local y su efecto en la rehabilitación de plantaciones de cacao fino y de aroma. In *Memorias del I Congreso Binacional de Investigación en Ciencia y Tecnología de las Universidades del Norte del Perú y del Sur de Ecuador*. Universidad Nacional de Piura-UNP (p. 6).
- Columela, F. 2011. Viticultura y enología. Manuales formativos para la vid y el vino. [Vinificatum.bolgspot.mx](http://vinificatum.bolgspot.mx). Diciembre 2014.
- Craigie, J. S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology* 23(3): 371-393.

- De Lara, G.; S. Álvarez; C. Lozano. 2005. "Actividad antibacteriana de algas marinas de Oaxaca, Pacífico Tropical Mexicano", en Antibiosis, Oaxaca, México. págs. 1-6.
- El Economista 2013. www.com.mx/columnas/agro-negocios-produccion-vid-alternativa-rentable-productor. (Fecha de la consulta 4 de octubre de 2013).
- Frikha, F., Kammoun, M., Hammami, N., Mchirgui, R. A., Belbahri, L., Gargouri, Y. & Ben-Rebah, F. (2011). Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *Ciencias marinas*, 37(2), 113-124.
- Gopinath, K. A.; Saha, S.; Mina, B. L.; Pande, H.; Kundu, S. and Gupta, H. S. 2008. Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutr Cycl Agroecosys*. 82:51–60.
- Ham, J. M., and J. L. Heilman. 2003. Experimental test of density and energy-balance corrections on carbon dioxide flux as measured using open-path eddy covariance. *Agronomy Journal* 95(6): 1393-1403.
- Hernández-Herrera, R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, M. A. Ruiz-López, J. Norrie, and G. Hernández-Carmona. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*. 26(1): 619-628.
- Jurado, A. 2001. *Las Voces del Vino y la Vid*. C y G Comunicación Gráfica S.L., Madrid, España.
- Khan, W., U. P. Rayirath, S. Subramanian, M. N. Jithesh, P. Rayorath, D. M. Hodges, A. T. Critchley, J. S. Craigie, J. Norrie, and B. Prithviraj, 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28(4): 386-399.
- Kumari, R.; Kaur, I. and Bhatnagar, A. K. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology*. 23(3): 623-633.
- Leyton, F. 2007. "Algas, ¿La energía del futuro?" en http://ecosofia.org/2007/10/algas_la_energia_del_futuro.html, Ecosofía.
- López-Díaz, M. L., Mosquera-Losada, M. R., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2007). Lime, sewage sludge and mineral fertilization in a silvopastoral system developed in very acid soils. *Agroforestry systems*, 70(1), 91-101.
- López, B. C. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*, 17(3).

- Marchiaro, A. B., Pentreathb, V., Maldonadob, F., & Berasteguib, A. M. Biofertilizantes: estudios preliminares para el potencial uso del alga undaria pinnatifida.
- Marqu ez, M., Jes us A., Mart inez, D. G., Moreno, N. H. 2007. Portainjerto, fertilidad de yemas y producción de variedades de uva de mesa. Revista Fitotecnia Mexicana. 30(1): 89-95.
- Martin, J. P., Bastida, R. 2008. The invasive seaweed *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar in R a Deseado (Southern Patagonia, Argentina): sporophyte cycle and environmental factors determining its distribution. Revista de Biología Marina y Oceanograf a 43(2): 335-344.
- Myburg, P.A. 1996. Response of *vitis vinifera* L. cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular reference to trunk growth parameters. S. Afr. J. Enol. Vitic. 17: 3-14.
- Nagy, P. T. and T. Pint r. 2015. Effects of Foliar Biofertilizer Sprays on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish (*Vitis vinifera* L.) Grapes. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 46(1): 219-227.
- Norrie, J. and Keathley, J. P. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. (Proceedings of the Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). Acta Horticulturae. 727(1):243-248.
- Ramírez Martínez, M., Trejo-Téllez, L. I., G mez Merino, F. C., & Sánchez García, P. (2010). La relación K⁺/Ca²⁺ de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulip n. Revista fitotecnia mexicana. 33(2): 149-156.
- Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Y nez, C., García, M. Y., Di Bernardo, M. L., & Gualtieri, M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. Revista peruana de biología, 16(1), 97-100.
- Padilla, Erik. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón acolchado con polietileno. Revista Fitotecnia Mexicana. 29(4): 321-329.
- Piña, S. y Bautista, D. 2006. Evaluación del crecimiento vegetativo de cultivares de vid para mesa bajo condiciones de trópico semiárido de Venezuela. Rev. Fac. Agron. 23:405-416.

- Ramírez Martínez, M., Trejo-Téllez, L. I., Gómez Merino, F. C., & Sánchez García, P. (2010). La relación K⁺/Ca²⁺ de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. *Revista fitotecnia mexicana*. 33(2): 149-156.
- Rebours, C., S. F. Pedersen, I. Ovsthus, and M. Roleda. 2014. Seaweed - a resource for organic farming. *Bioforsk Fokus* 9(2): 107.
- Sabir, A., K. Yazar, F. Sabir, Z. Kara, M. A. Yazici, and 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(15): 1-8.
- Sánchez-Monge y Parellada, E. 2001. *Diccionario de Plantas de Interés Agrícola*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid, España.
- Sangeetha, V., & Thevanathan, R. (2010). Biofertilizer potential of traditional and panchagavya amended with seaweed extract. *Am Sci*, 6(2), 61-67.
- Sarwar, G., H. Schmeisky, S. Hussian, M. I. Muhammad, and E. Safdar. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pakistan J Bot.* 40(1):275–282.
- Sathya, B., H. Indu, R. Seenivasan, and S. Geetha. 2010. Influence of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical composition of legum crop, *Cajanus cajan* (L.) mill sp. *Journal of Phytology*. 2(5): 50-63.
- Selvam, G. G. and K. Sivakumar. 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea* L. and their elemental composition using SEM–Energy Dispersive Spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 3(1): 18-22.
- Selvaraj, R.; Selvi, M. and Shakila, P. 2004. Effect of seaweed liquid fertilizer on *Abelmoschus esculentus* (L). Moench and *Lycopersicon lycopersicum* Mill. *Seaweed Res Utilin.* 26:121–123.
- Shehata, S. M., S. A. A. Heba, A. Y. Abou, and A. M. Gizawy. 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes yield and its quality of celeriac Plant. *Journal of Scientific Research*. 58(2): 257-265.
- Silva, G. M., Gámez, G. H., Zavala, G. F., Cuevas, H. B., Rojas, G. M. 2001. Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *Ciencia, UANL*. 4(1): 70-73.
- Sivasankari, S.; Venkatesalu, V.; Anantharaj, M.; Chandrasekaran, M. 2006. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology*. 14(97): 1745-1751.

- Spinelli, F. G.; Fiori, M.; Noferini, M.; Sprocatti, and Costa, G. 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.
- Spinelli, F., F. Giovanni, N. Massimo, S. Mattia, and C. Guglielmo. 2010. Novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Science Horticulturae on Science Direct*. 125(3): 263-269.
- Subba, R. P. V.; Mantri, V. A. and Ganesan, K. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chem*. 102: 215-218.
- Sunarpi, A.; Jupri, R.; Kurnianingsih, N. I. and Nikmatullah, A. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Bioscience*. 2(2):73-77.
- Thirumaran, G.; Arumugam, M.; Arumugam, R. and Anantharaman, P. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* (L) Medikus. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 2(2): 57-66.
- Valdes, Y. A., & Soto, M. F. B. (2010). Algas, aliadas en el pasado y sustento para el futuro. *Tecnología Química*, 28(3).
- Vote, C., A. Hall, and P. Charlton. 2015. Carbon dioxide, water and energy fluxes of irrigated broad-acre crops in an Australian semi-arid climate zone. *Environ. Earth Sci*. 73(3):449-465.
- Whapham, C. A., Blunden, G., Jenkins, T., & Hankins, S. D. (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 5(2), 231-234.
- Zermeño-Gonzalez, A., López-Rodríguez, B. R., Melendres-Alvarez, A. I. and Ramírez-Rodríguez, H. (2015). Seaweed extract and its relation to photosynthesis and yield of a grapevine plantation. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12: 2437–2446.
- Zermeño-González, A., S. Villatoro-Moteno, J. J. Cortés-Bracho, M. Cadena-Zapata, E. A. Catalán-Valencia, M. A. García-Delgado, y J. P. Munguía-López. 2012. Estimación del intercambio neto de CO₂ en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla. *Agrociencia* 46(6): 579-591.
- Zodape, S. T., A. Gupta, S. C. Bhandari, U. S. Rawat, D. R. Chaudhary, and K. Eswaran. 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(3): 215-219.