

Uso de las macroalgas marinas como promotores en el crecimiento de una leguminosa (*Trifolium repens*) y un cereal (*Triticum aestivum*)

Use of the macroalgae as a bio-stimulant for the growth of a legume (*Trifolium repens*) and a cereal (*Triticum aestivum*)

Ignacio Jaimes-Duarte^{1*}, Sergio Álvarez-Hernández¹, Ana Teresa Jaramillo-Pérez², María del Rocío Zárate-Hernández³

Recibido: 03 de marzo de 2022.

Aceptado: 10 de octubre de 2022.

Publicado: diciembre de 2022.

RESUMEN

Antecedentes: La agricultura orgánica está basada en la utilización óptima de los recursos naturales, lo cual ayuda a incrementar la actividad biológica del suelo de forma natural sin utilizar compuestos químicos que pueden alterar el suelo, los cultivos y a los mantes acuíferos. Algunas macroalgas tienen el potencial para ser utilizados como bio-estimulantes o acondicionadores de suelos. **Objetivo:** evaluar el potencial de las macroalgas como bio-estimulantes o acondicionadores de suelos, a través de la evaluación del crecimiento de 2 especies de importancia como forrajes o de alimentación y el análisis de la composición del suelo. En este estudio se probaron ocho macroalgas de las costas de Veracruz, México. **Método:** Se añadieron al suelo en forma de fragmentos y de extracto en líquido alrededor de las plantas de *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Triticum aestivum* (trigo). Se siguió un diseño aleatorio con cuatro réplicas. Se utilizaron dos tratamientos con estimulantes a base de algas, un fertilizante químico y un concentrado de hormonas de crecimiento y un control de agua destilada. El crecimiento se registró cada tercer día. **Resultados:** mostraron que tres de ocho algas promovieron el crecimiento ($p < 0.05$). Para trigo fueron *Acantophora spicifera* (tratamiento extracto y tratamiento de fragmentos), *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata* Delile) y *Palisada perforata* (tratamiento de fragmentos); para trébol blanco fueron *Acantophora spicifera* (tratamiento extracto) y *Palisada perforata* (tratamiento de fragmentos), en comparación con el fertilizante químico (Bayfolan forte) y el control de hormonas vegetal (Agromil V) y agua. **Conclusión:** Dado que las plantas de los tratamientos estimulantes crecieron menos o igual que con los tratamientos algales, existe potencial en las algas estudiadas para su uso como promotores de crecimiento de plantas de cultivos de interés comercial, mejorando la calidad del suelo.

Palabras clave: Agricultura orgánica, Algas, Promotor de crecimiento, Cultivo, Suelo

ABSTRACT

Background: Organic agriculture is based on the optimal use of natural resources, which helps to increase the biological activity of the soil naturally without using chemical compounds that can alter the soil, crops and aquifers. Some macroalgae have the potential to be used as bio-stimulants or soil conditioners. **Goals:** evaluate the potential of macroalgae as bio-stimulants or soil conditioners, through the evaluation of the growth of two species of importance as fodder or feed and the analysis of soil composition. In this study, eight macroalgae from the coasts of Veracruz, Mexico were tested. **Method:** They were added to the soil in the form of fragments and liquid extract around *Trifolium repens* (white clover) and *Triticum aestivum* (wheat) plants. A randomized design with four replicates was followed. Two treatments with algae-based stimulants, a chemical fertilizer and a growth hormone concentrate, and a distilled water control were used. Growth was recorded every other day. **Results:** showed that three of eight algae promoted growth ($p < 0.05$). For wheat they were *Acantophora spicifera* (extract treatment and fragment treatment) and *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata* Delile) and *Palisada perforata* (fragment treatment); for white clover they were *Acantophora spicifera* (extract treatment) and *Palisada perforata* (fragment treatment), compared to chemical fertilizer (Bayfolan forte) and plant hormone control (Agromil V) and water. **Conclusions:** since the plants of the stimulant treatments grew less or the same as with the algae treatments, it is concluded that there is potential in the algae studied for using them as promoters for plant growth of crops with commercial interest, improving soil quality.

Key words: Organic agriculture, Bio-stimulant, Algae, Soil, Crop.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es uno de los pilares principales en la economía rural del mundo, la cual garantiza alimento, empleo, sustento, ingresos por exportación y desarrollo económico, también es una de las actividades en la que se usan grandes cantidades de agroquímicos, especialmente los fertilizantes químicos nitrogenados, los cuales son la principal causa de que las aguas superficiales y subterráneas acumulen nitratos en altas concentraciones, los que pueden llegar a ser tóxicos a concentraciones mayores de 50 mg/L (Eugercios *et al.*, 2017; Tirado, 2015; Hallberg, 1989; Domínguez & Domínguez, 1994). La aplicación de fertilizantes químicos es un método económico, rápido y efectivo para suministrar lo necesario a los cultivos (Blanco-Canqui & Schlegel, 2013). Sin embargo, los fertilizantes pueden dejar de estar disponibles para los cultivos por las escorrentías del suelo, transformación química, física o biológica (Blanco-Canqui & Schlegel, 2013; Daverede *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2001; Schachtman *et al.*, 1998; Moe *et al.*, 1967).

Los agroquímicos han sido utilizados para aumentar la producción de los cultivos, estas sustancias son esencialmente, fertilizantes de tipo químico, los cuales ayudan mejorando el crecimiento y desarrollo de las plantas. Durante los últimos años, las fuentes fundamentales de fertilizantes han sido el carbono, fosforo y nitrógeno los cuales se degradan por la actividad microbiana (OMS FAO, 2015). El uso de los agroquímicos tiene varios fines como: proporcionar nutrientes a los suelos (fertilizante), eliminar plantas, hongos y algunas algas (herbicida, fungicida y alguicida), expeler insectos y gusanos del suelo (insecticida y nematicida), controlar roedores (rodenticida) o acelerar el crecimiento y floración (García & Lazovski, 2011; Restrepo, 1992). El uso excesivo de los fertilizantes tiene como consecuencia que la productividad de los suelos disminuya, aumentando la erosión de estos y la contaminación de cuerpos de agua (Hernández, 2011).

Para disminuir el uso de los fertilizantes químicos se ha usado algo llamado agricultura orgánica y se refiere al uso de recursos naturales, minimizando la alteración de los suelos, los cultivos y los mantos acuíferos (Ruiz *et al.*, 2016; Pérez & Refugio, 2015; Ruiz, 2001). Los ejemplos más importantes los podemos encontrar en: las compostas, lombricompostas, estiércol, bio-estimulantes (base de algas), entre otros. Actualmente es una de las mejores alternativas, ya que tiene como objetivo tener cultivos con una mejor calidad, obteniéndolos mediante un proceso sostenible y sin usar sustancias químicas que dañan al medio ambiente, aprovechando al máximo las tierras sin dañarlas, ni tampoco a los cultivos o la salud del ser humano (Gao *et al.*, 2020; Lok & Suárez, 2014; Grageda-Cabrera *et al.*, 2012; Hernández, 2011; Altieri, 1992).

El uso de las algas marinas como acondicionador de suelo comienza en el siglo XIX a. c., cuando las personas agregaban a las zonas agrícolas, algas marinas, por ser fuente valiosa de nutrientes para diversos tipos de suelo y para diferentes cultivos (Lembi & Waaland, 1988). Tiempo después, en la segunda mitad del primer siglo, se hace referencia a la utilización de las algas como composta, cuando los británicos prerromanos añadieron algas al suelo como fertilizante orgánico (Milton, 1964). Los primeros fertilizantes utilizados con base en algas marinas fueron en Europa particularmente en España e Irlanda, entre otros, durante el siglo IV d.c., por su alto contenido de nutrientes (Cabioch, 1976).

El extracto de algas mejora la nutrición de las plantas al afectar los procesos del suelo y directamente en la fisiología de la planta, en

la germinación de las semillas, el vigor de las plántulas, el crecimiento y morfología de las raíces, el florecimiento temprano, el retardo de la senescencia, la maduración de los frutos, el rendimiento de los cultivos y la calidad nutricional del producto comestible (Khan *et al.*, 2009; Craigie, 2011; Sharma *et al.*, 2014; Nabti *et al.*, 2017).

Se han estudiado procesos para crear diferentes tipos de bioestimulantes (formas líquidas para raíces o foliar y en polvo) a partir de un tipo de algas marinas como: *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Fucus* spp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss y *Durvillaea* spp. La mayoría se ha utilizado en la agricultura europea y su aplicación ha mostrado resultados positivos al promover el crecimiento de las plantas tratadas (Hernández-Herrera *et al.*, 2014; Hong *et al.*, 2007). Una de las grandes diferencias entre las harinas y los extractos es el tiempo de respuesta. La harina puede tardar varios meses en ser 100% efectiva ya que tiene que ser descompuesta por bacterias del suelo para ser utilizados por la planta. En los extractos líquidos, los componentes celulósicos de las algas marinas, ya sea que se descompongan o eliminen, se vuelven rápidamente disponibles para que sean absorbidos por las raíces de una planta (Battacharyya *et al.*, 2015; Stephenson, 1974).

Dentro de las propiedades del suelo, el pH y los macronutrientes han sido muy estudiados y se les atribuye el estimular el crecimiento de plantas en cultivo. El pH es una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrientes, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas (Ramya *et al.*, 2011). Por su parte, dentro de los macronutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio se ha observado que se requieren en grandes cantidades para mejorar la condición del suelo. En cuanto al nitrógeno se sabe que las plantas lo obtienen principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo. En caso del fosforo se considera que es un elemento esencial para plantas y animales. El fósforo inorgánico se encuentra bajo varias formas y su disponibilidad depende del pH del suelo. El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta cuya movilidad es limitada y es otro elemento que se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos (Hernández-Herrera *et al.*, 2014; Rengel *et al.*, 2011).

La agricultura es uno de los sectores más importantes a nivel mundial, tanto para consumo humano como para forraje y uno de los principales cultivos son los cereales y especialmente el trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo más antiguo sembrado por el hombre en inmensas extensiones y en grandes cantidades y uno de los más consumidos (Moreno *et al.*, 1997) y el trébol blanco (*Trifolium repens* L.), es una leguminosa de interés forrajero de suma importancia en los sistemas de producción animal bajo condiciones de pastoreo y su manejo requiere conocer su distribución estacional a lo largo del año (Gutiérrez-Arenas *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de material algal

Las macroalgas marinas fueron recolectadas en las siguientes tres localidades del estado de Veracruz: Costa de Oro (19°8'40"N, 96°6'27"O), Playa Muñecos (19°44'38"N, 96°24'27"O) y Playa Paraí-

so ($19^{\circ}35'14"N$, $96^{\circ}23'05"O$) (Fig. 1). Las localidades de estudio son costas mixtas y la zona costera a la que pertenecen posee un clima cálido-subhúmedo (Aw_2) con régimen de lluvias de verano (Contreras-Espinosa, 1993; Geissert y Dubroeucq, 1995). Su estacionalidad se define por tres épocas que se conocen como lluvias (junio-octubre), secas (febrero-mayo) y nortes (noviembre-enero) (Contreras-Espinosa, 1993; García, 2004).

Se recolectaron siete especies de macroalgas diferentes. En la División Chlorophyta, *Ulva lactuca* L. fue encontrada e identificada bajo su sinónimo *U. fasciata* Delile en la localidad de playa muñecos en la época de lluvias (Septiembre 2019) y como *Ulva lactuca* en Costa de Oro en época de secas (Marzo del 2019); cuatro de la División Rhodophyta (*Palisada perforata* (Bory) K. W. Nam, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux, *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen y *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh) y dos de la División Ochrophyta, clase Phaeophyceae; *Sargassum cymosum* C. Agardh y *Padina gymnospora* (Kützing) Sonder. Estas macroalgas se eligieron debido a que casi siempre están presentes en las localidades de recolecta y además proveen suficiente biomasa para este estudio.

Se recolectaron manualmente 3 Kg de alga y se registraron parámetros: salinidad, temperatura y pH del agua de mar en cada localidad de recolecta, las algas se lavaron *in situ* con agua de mar para eliminar desechos y arena, se guardaron en bolsas de plástico de cierre hermético previamente etiquetadas. Se transportaron congeladas al laboratorio usando CO_2 sólido para evitar descomposición y metabolismo enzimático.

En el laboratorio se lavaron con agua destilada para limpiarlas de epífitos, arena y sales, una vez limpias se guardaron en el congelador a $-20^{\circ}C$ hasta su uso.

Preparación de los tratamientos algales

Se realizaron dos tratamientos, el primero consistió en obtener un extracto algal (Tratamiento Extracto) y el otro solo se fraccionó la biomasa algal (Tratamiento Particulado) considerando estos tratamientos como un promotor del crecimiento y un acondicionador de suelo, respectivamente.

Tratamiento Extracto

Las algas se descongelaron a temperatura ambiente, se maceraron 2 Kg en un mixer (Waring®) con 4 litros de agua destilada (P.V) a una proporción de 1:5, el cual equivale a una concentración de extracto del 20%. El homogenizado se filtró a través de filtro Whatman No. 42 para eliminar partículas de material algal, éste se fraccionó y se guardó congelado a $-20^{\circ}C$ hasta su uso.

Tratamiento Particulado

Se fraccionó un kg de cada especie algal, usando tijeras hasta obtener partículas de 4 mm de diámetro aproximadamente. Las algas así procesadas se guardaron a $-20^{\circ}C$ para su uso en las pruebas del experimento.

Diseño experimental

El experimento se realizó considerando un diseño de lotes al azar. Se hicieron 2 tratamientos, extracto y particulado, cada uno de estos tratamientos se aplicó a las plantas. En total se probaron siete especies algales diferentes y la originalmente considerada *U. fasciata* (= *U. lactuca*), usando factor de replicación de $n=4$ para el trigo y el trebol blanco. Se realizaron dos tratamientos estimulantes, un fertilizante químico y un concentrado de hormonas de crecimiento, también se probó un control de agua destilada, éstos últimos también con 4 repeticiones por cada uno.



Figura 1. Localidades de recolecta en la costa del estado de Veracruz, México (Playa Muñecos (PM) ($19^{\circ}44'38"N$, $96^{\circ}24'27"O$); Playa Paraíso (PP) ($19^{\circ}35'14"N$, $96^{\circ}23'05"O$) y Costa de Oro ($19^{\circ}8'40"N$ - $96^{\circ}6'27"O$).

En total se realizaron: 2 tratamientos (extracto y particulado) X 8 algas X 2 plantas de experimentación X 4 réplicas = 128 plantas; 2 tratamientos estimulantes (fertilizante químico y un concentrado de hormonas) X 2 plantas de experimentación X 4 réplicas = 16 plantas; 1 control (agua destilada) X 2 plantas de experimentación X 4 réplicas = 8 plantas. Esto hizo un total de 152 plantas tratadas, 76 por cada especie de angiosperma (plantas de experimentación).

Germinacion de *Trifolium repens* y *Triticum aestivum*

Se germinaron semillas de *Trifolium repens* y *Triticum aestivum* compradas en Casa Cobo (<https://www.semillascasacobo.mx/>), las cuales son de calidad (genuinidad, limpieza, pureza, sanidad y viabilidad). Para mejorar la germinación se usó Peat Moos el cual es un sustrato que prácticamente no altera la germinación de las semillas. Se germinaron en germinadores comerciales, lo cual se realizó en condiciones ambientales a cielo abierto, garantizando así que todas las plántulas tuvieran entre 1 a 2 cm en promedio de longitud inicial, lo que aproximadamente se llevó 7 días.

El trigo se sembró a una profundidad de 3 a 6 cm, mientras que el trébol blanco a una profundidad de 0.2 a 0.5 cm, ambos se sembraron en bolsas de vivero, el suelo para la siembra fue una mezcla de tierra negra con tierra de hoja a una proporción de 50/50. El experimento se efectuó en condiciones ambientales (temperatura promedio 24° a 26°C, humedad promedio del 30%, dos días de lluvia, insolación directa controlada con malla sombra del 75%), el experimento se llevó a cabo por dos meses.

Composición del suelo: pH y macronutrientes (N, P y K)

Se realizaron análisis del suelo [pH y macronutrientes (N, K, P)] al inicio y al final del experimento (para cada tratamiento, especie de alga usada, agua destilada, control de hormonas y el fertilizante químico) que se usaron para evaluar el posible cambio en la composición del suelo debido a la adición de los tratamientos, esto se realizó con un equipo de prueba de suelo de Environmental Concepts®. Se prepararon las muestras de suelo, las cuales se tomaron de cerca de 2 a 3 cm debajo de la superficie, que se analizaron al principio y al final del experimento dejando secar la muestra de suelo aproximadamente 2 a 3 días en el sol siguiendo las indicaciones del equipo de prueba de suelo de Environmental Concepts.

Fase experimental

Durante el experimento se midió el largo total de las plantas, en los días de riego, iniciando con 1 a 2 cm en promedio aproximadamente, hasta culminar el experimento (2 meses después).

Tratamiento Extracto

Las plantas se regaron directamente en el suelo con 100 ml de extracto cada tercer día.

Tratamiento Particulado

Se mezclaron manualmente 100 g del particulado algal con la tierra, un día antes del trasplante de los brotes para garantizar uniformidad, en el lugar donde se sembró cada planta y fueron regadas con 100 ml de agua destilada cada tercer día.

Tratamientos estimulantes

Se usaron: un agroquímico y hormonas de crecimiento que se aplicaron siguiendo las recomendaciones del fabricante: Bayfolan Forte: Se diluyeron 80 $\mu\text{l} / \text{cm}^2 = 0.08 \text{ ml} / \text{cm}^2$ en 10 ml de agua tanto para trigo

como para trébol blanco y se agregó en el suelo a una distancia aproximada de 0.5 mm del tallo, esto cada 20 días. Agromil V: Se diluyeron 20 $\mu\text{l} / \text{cm}^2 = 0.02 \text{ ml} / \text{cm}^2$ en 10 ml de agua tanto para trigo como para trébol blanco y se agregó en el suelo a una distancia aproximada de 0.5 mm del tallo, esto cada 20 días. Para los tratamientos estimulantes y el control solo se añadieron 100 ml de agua destilada cada tercer día y algunos domingos se llegó a agregar 50 ml a las plantas.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las mediciones del largo total de las plantas, se utilizó un ANOVA modificado, seguido de las pruebas de clasificación de medias de Bonferroni con nivel de significancia de 0.05, esto debido a que los datos pertenecen al tipo de medidas repetidas y sin justificación del principio de circularidad de Mauchly. Para estas pruebas se uso el software estadístico SPSS 15.0 (SPSS, 2006). En el caso de la composición del suelo, se realizó una prueba No Paramétrica U de Mann-Whitney para dos poblaciones independientes, con el propósito de observar diferencias en la composición del suelo al inicio y al final del experimento, utilizando también el software estadístico SPSS 15.0 (SPSS, 2006).

RESULTADOS

Se presentan en la Tabla 1 los valores de la longitud total de crecimiento de las plantas de *Triticum aestivum* durante el experimento. Para el tratamiento extracto, el valor más alto que se registró fue con el extracto de *Acantophora spicifera*, 30.25 cm y el valor mínimo fue obtenido con alga *Hypnea musciformis*, 22 cm, para el tratamiento particulado el valor más alto que se registró fue con *Palisada perforata*, 27.62 cm y el valor mínimo fue obtenido con *Hypnea musciformis*, 21.4 cm. Los tratamientos estimulantes registraron 22.15 cm para Bayfolan forte, 20.65 cm para Agromil V y 18.22 cm para el agua.

Para el caso *Trifolium repens* en la Tabla 2 se muestran los valores de la longitud durante el experimento. Para el tratamiento extracto el valor más alto que se registró con *Acantophora spicifera*, 9.95 cm y el valor mínimo fue obtenido con *Digenea simplex*, 3.2 cm, para el tratamiento particulado el valor más alto que se registró fue con *Palisada perforata*, 4.65 cm y el valor mínimo fue obtenido con *Hypnea musciformis*, 2.37 cm. Los tratamientos estimulantes registraron una longitud de 3.37 cm para Bayfolan forte, 2.7 cm para Agromil V y 2.32 cm para el agua.

Los datos se sometieron al cumplimiento de la prueba de esfericidad de Mauchly, los resultados mostraron que el nivel crítico asociado al estadístico W para todos los tratamientos fue menor que 0.05, por lo tanto, se violó el principio de esfericidad: *Triticum aestivum* en extracto (Sig.= 0.000), *Triticum aestivum* en particulado (Sig.= 0.000), *Trifolium repens* en extracto (Sig.= 0.000) y *Trifolium repens* en particulado (Sig.= 0.000). Como no se cumplió el principio de esfericidad se utilizó el ANOVA modificado para medidas repetidas (Intra-sujeto).

Los resultados del ANOVA Intra-sujeto, mostraron que el valor de significancia para los cuatro casos fue menor que 0.05, por lo cual se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que al menos un par de medias fueron diferentes. En los cuatro casos, la eficiencia del crecimiento total de la planta usando los tratamientos algales en (*Triticum aestivum* y *Trifolium repens*) fueron significativos.

Tabla 1. Valores promedio (\pm DE) de longitud de la planta de *Triticum aestivum* para extracto y particulado

| Especies | Long. promedio al final (cm) \pm SD Extracto | Long. promedio al final (cm) \pm SD Particulado |
|---|--|---|
| <i>Ulva lactuca</i> (= <i>Ulva fasciata</i>) | 27.62 \pm 0.20 | 27.2 \pm 0.48 |
| <i>Ulva lactuca</i> | 26.67 \pm 0.20 | 25.77 \pm 0.26 |
| <i>Palisada perforata</i> | 27.12 \pm 0.17 | 27.62 \pm 0.18 |
| <i>Hypnea musciformis</i> | 22 \pm 0.14 | 21.4 \pm 0.14 |
| <i>Digenia simplex</i> | 22.52 \pm 0.15 | 25.97 \pm 0.20 |
| <i>Acantophora spicifera</i> | 30.25 \pm 0.20 | 24.87 \pm 0.23 |
| <i>Sargassum cymosum</i> | 26.85 \pm 0.12 | 21.72 \pm 0.15 |
| <i>Padina gymnospora</i> | 26.97 \pm 0.09 | 21.9 \pm 0.08 |
| Bayfolan Forte | 22.15 \pm 0.26 | |
| Agromil V | 20.65 \pm 0.19 | |
| Agua | 18.22 \pm 0.25 | |

Se realizó la prueba *a posteriori* de clasificación de medias de Bonferroni, para observar los grupos formados de medias diferenciales del crecimiento de las plantas.

Para el caso del extracto (Fig. 2a) en *Triticum aestivum* se observó que la media de *Acantophora spicifera* formó un grupo solitario produciendo el mayor crecimiento. Por otro lado, el menor crecimiento se obtuvo con el testigo de agua y el tratamiento estimulante Bayfolan forte que formaron un grupo. De igual manera Agromil V produjo un crecimiento menor de las plántulas. Para el caso del particulado (Fig. 2b) las especies: *Acantophora spicifera*, *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata*) y *Palisada perforata* formaron un grupo mostrando el mayor crecimiento. Por otro lado el menor crecimiento se obtuvo con el testigo de agua que formó un grupo con los tratamientos estimulantes. De igual manera con Bayfolan forte, *Sargassum cymosum* e *Hypnea musciformis* produjeron un crecimiento menor de las plantas.

Para el caso del extracto (Fig. 3a) en *Trifolium repens* se observó que la media de *Acantophora spicifera* formó un grupo solitario produciendo el mayor crecimiento. Por otra parte, el control de agua mostró el menor crecimiento significativo de todos los promedios. De igual manera con Agromil V, *Digenia simplex* e *Hypnea musciformis* produjeron un

crecimiento menor de las plantas. Bayfolan forte mostró un crecimiento superior, ya que estuvo por arriba de varias especies de algas. Para el caso del particulado (Fig. 3b) la especie *Palisada perforata* mostró el mayor crecimiento significativo de todos los promedios. El menor crecimiento se obtuvo con el tratamiento de agua e *Hypnea musciformis* que formaron un grupo. Bayfolan forte estimuló el crecimiento y se unió al grupo de los mayores promedios, por encima del crecimiento producido por varias especies de algas, excepto *Palisada perforata*.

Las diferencias en el crecimiento promedio registrado para el tratamiento extracto y el tratamiento particulado se presentan en las figuras 4 y 5 para *Triticum aestivum* y figuras 6 y 7 para *Trifolium repens* respectivamente.

Se observaron diferencias significativas al 95 % de confiabilidad, en la concentración de Nitrógeno, Fosforo y Potasio al inicio del experimento en comparación con el final, tanto en el tratamiento extracto y particulado (Tabla 3), $p \leq 0.05$, por lo tanto se pudo concluir que el contenido de nutrientes en el suelo al inicio fue significativamente menor que al final después del uso las algas marinas, como particulado y aplicadas en forma de extracto.

Tabla 2. Valores promedio (\pm DE) de longitud de la planta de *Trifolium repens* para extracto y particulado

| Species | Long promedio al final (cm) \pm SD | Long promedio al final (cm) \pm SD Particulado |
|---|--------------------------------------|---|
| | Extracto | |
| <i>Ulva lactuca</i> (= <i>Ulva fasciata</i>) | 4 \pm 0.14 | 4.47 \pm 0.30 |
| <i>Ulva lactuca</i> | 3.97 \pm 0.09 | 3.87 \pm 0.12 |
| <i>Palisada perforata</i> | 3.97 \pm 0.15 | 4.65 \pm 0.17 |
| <i>Hypnea musciformis</i> | 3.22 \pm 0.09 | 2.37 \pm 0.09 |
| <i>Digenia simplex</i> | 3.2 \pm 0.08 | 2.9 \pm 0.18 |
| <i>Acantophora spicifera</i> | 9.95 \pm 0.12 | 3.7 \pm 0.16 |
| <i>Sargassum cymosum</i> | 3.9 \pm 0.14 | 3.12 \pm 0.17 |
| <i>Padina gymnospora</i> | 4 \pm 0.14 | 3.3 \pm 0.21 |
| Bayfolan Forte | 3.37 \pm 0.09 | |
| Agromil V | 2.7 \pm 0.08 | |
| Aqua | 2.32 \pm 0.12 | |

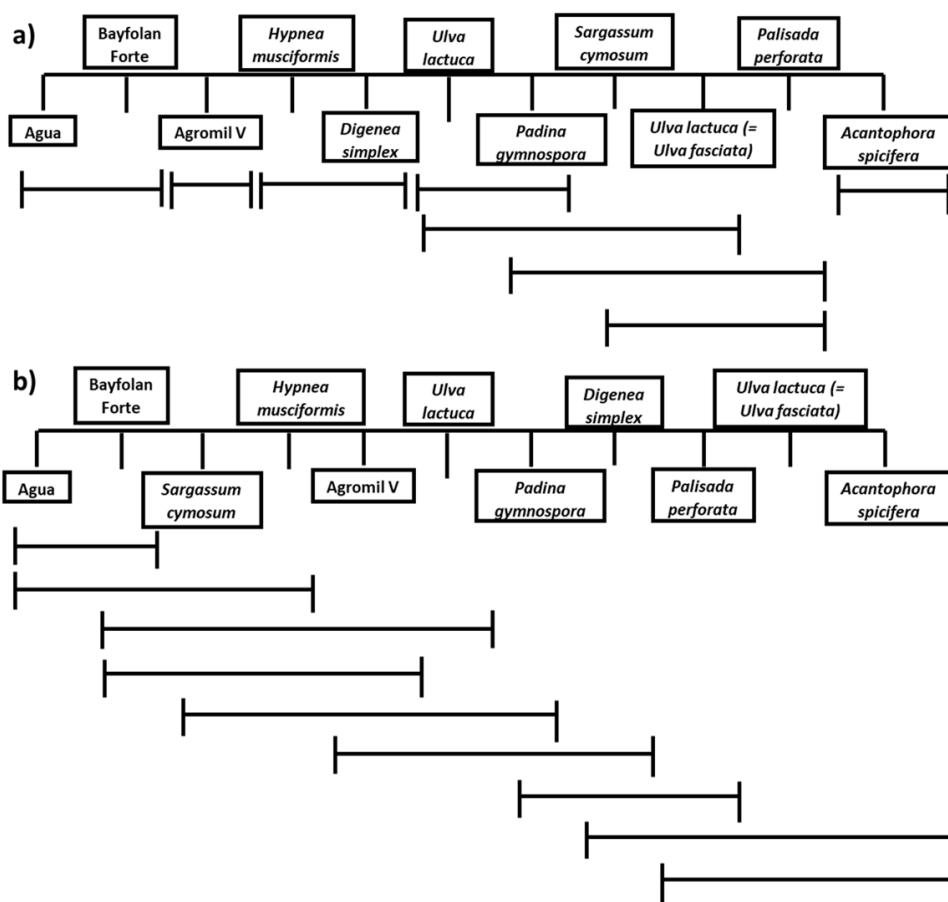


Figura 2. *Triticum aestivum*. a) Grupos formados después de la prueba de Bonferroni con los promedios del tratamiento (Extracto). b) Grupos formados después de la prueba de Bonferroni con los promedios del tratamiento (Particulado).

Se observó que al inicio del experimento el suelo tenía un pH de 6.5 y al final del experimento después de la adición de los extractos y de los particulados se pudo observar que el pH bajo a 6 que es óptimo para las plantas de cultivo utilizadas.

DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que la liberación de los nutrientes presentes en las algas, al descomponerse o administrarse como extractos, los hacen disponibles para ser usados por las plantas y así estimular su crecimiento, Vinogradov en 1953, sugirió que el efecto que tienen las algas marinas en la agricultura es debido a la composición de micro

y macroelementos, el autor menciona que los macroelementos identificados fueron: C, H, O, K, N, S, P, Ca y Mg, encontrando que están disponibles para la planta en concentraciones altas. Se ha registrado que el aplicar las algas marinas al suelo, su descomposición induce una mayor absorción de nutrientes, las hojas crecen más, resultando en un mayor rendimiento y calidad de las cosechas (Spinelli et al., 2009 [en manzano]; Thirumaran et al., 2009 [en goma guar]; Sunarpi et al., 2010 [en arroz]; Bai et al., 2011 [en frijol mungo]; Kumari et al., 2011 [en jitomate silvestre]; Ramya et al., 2011 [en goma guar]; Hernández-Herrera et al., 2014 [en jitomate]). Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los publicados por los autores antes mencionados, que adjudican el efecto positivo del crecimiento de las plantas a la presencia de macronutrientes. Tanto el tratamiento extracto como el particulado estimularon diferencialmente el crecimiento del trigo y del trébol blanco en comparación con los tratamientos estimulantes (Bayfolan forte “uno de los fertilizantes más usados en la agricultura mexicana” y Agromil V) y el control (agua). En la mayoría de los casos, las algas promovieron un crecimiento significativamente mayor en comparación con el fertilizante químico y el concentrado de hormonas.

La composición del suelo, particularmente el incremento de Nitrógeno, fue mayor para el tratamiento de extracto de *Ulva lactuca* (= *Ulva*

Tabla 3. Resultados del análisis No paramétrico para dos poblaciones.

| | Probabilidad (Extracto) | Probabilidad (Particulado) |
|---|----------------------------|-------------------------------|
| N | 0.00034 | 0.00032 |
| K | 0.0032 | 0.0066 |
| P | 0.00047 | 0.0035 |

fasciata), *Acantophora spicifera*, *Palisada perforata* y *Padina gymnospora*. En los tratamientos particulados las algas que incrementaron la concentración de nitrógeno en la tierra, al final de experimento fueron *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata*), *Ulva lactuca*, *Palisada perforata* y *Digenesia simplex*. Para el macronutriente fósforo, su concentración en la tierra fue mayor al final del experimento en los extractos de *Acantophora spicifera* y *Palisada perforata* y en el tratamiento particulado, solo en *Palisada perforata* se incrementó la concentración de este ion. Con respecto al potasio, la concentración de éste fue mayor en el tratamiento de extracto de *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata*) y *Acantophora spicifera* y en el particulado de *Ulva lactuca* y *Palisada perforata*. Las algas marinas mejoran la condición del suelo, además incrementan el nivel de nutrientes del suelo como N, P, K y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas (Surey-Gent y Morris, 1987).

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen. En general, el pH óptimo de los suelos agrícolas debe variar entre 6.5 y 7.0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad (Prasad y Power, 1997), ya que se trata del intervalo donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y por tanto, donde mejor se aportarán a la mayoría de los cultivos. La disminución de 0.5 en el pH que se dio al agregar tanto el extracto de algas y el particulado pudo beneficiar a los cultivos ya que el trigo crece bien a un pH entre 5 y 7 y el trébol blanco su pH ideal para crecer va de 5.5 a 7.5.

Trabajos realizados por Sridhar y Rengasamy, (2010) en maní (*Araachis hypogaea* L.); Kavipriya *et al.*, (2011) en soja verde (*Vigna radiata*

(L.) R. Wilczek); Hernández-Herrera, *et al.* (2014) en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.); Ruiz *et al.*, (2016) en albahaca (*Ocimum basilicum* L.); Castellanos-Barriga *et al.*, (2017) también en soja verde y Duarte *et al.*, (2018) en chícharo (*Pisum sativum* L.), utilizaron *Ulva lactuca* como bio-estimulante de crecimiento y obtuvieron resultados positivos al estimular el crecimiento de las plantas. *Padina gymnospora* ha sido usada como estimulante del crecimiento por Hernández-Herrera *et al.*, (2014) en jitomate, sus resultados sugirieron que se obtiene un mayor índice de germinación y un mayor crecimiento de las plantas experimentales. Lo anterior coincidió con los resultados obtenidos, en *Padina gymnospora* y *Ulva lactuca* de este estudio, las cuales estimularon el crecimiento de trébol blanco y trigo.

Trabajos de Duarte *et al.* (2018) en chícharo con *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata*) y *Ulva lactuca*, de Sunarpi *et al.* (2010) en arroz con *Ulva reticulata* Forsskål; Anisimov y Chaikina, (2014) en soja con *Ulva fenesstrata* Postels & Ruprecht; y Akila *et al.*, (2019) en soja verde con *Ulva* sp. son un ejemplo de trabajos realizados con especies del género *Ulva*, de la División Chlorophyta. En este trabajo, con *Ulva lactuca* (= *Ulva fasciata*) con la cual se obtuvieron resultados con un crecimiento significativamente mayor cuando se aplicaron al trigo en forma de extracto y particulado, y para trébol blanco en forma de particulado esto puede ser debido a la temporalidad y a la localidad de recolecta; lo anterior concuerda con lo mencionado por Duarte *et al.* (2018), quienes utilizaron esta especie de alga, en forma de ensilado y particulado con resultados significativos en el crecimiento de *Pisum sativum* L., en comparación del tratamiento con Agromil V (hormonas vegetales). Este estimulante hormonal también se utilizó en el presente experimento, donde estimuló un mayor crecimiento que en los controles.

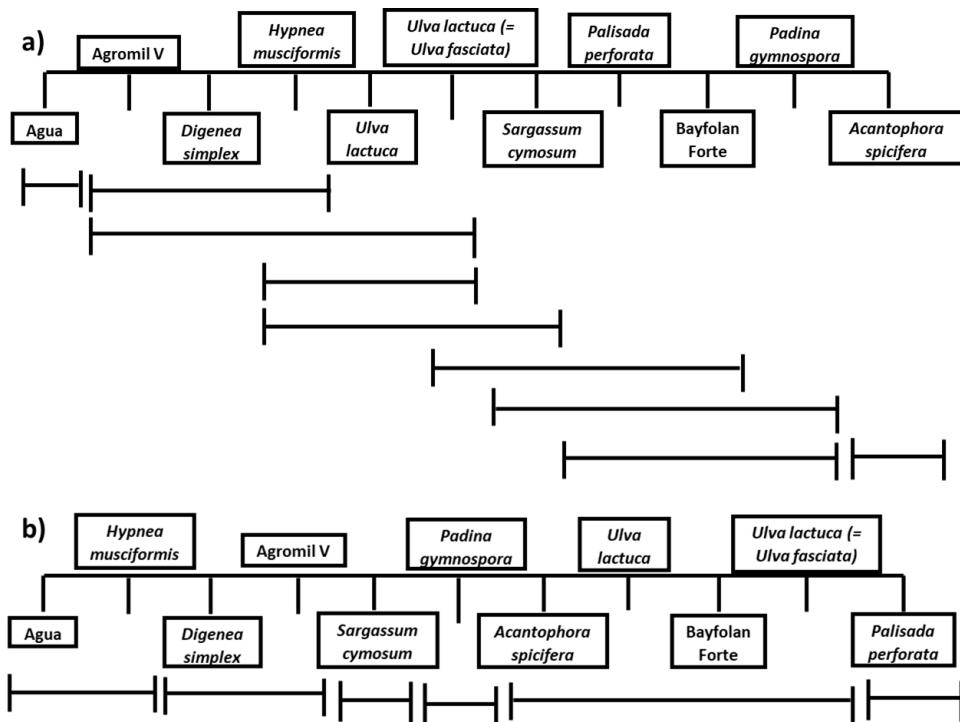


Figura 3. *Trifolium repens*. a) Grupos formados después de la prueba de Bonferroni con los promedios del tratamiento (Extracto). Grupos formados después de la prueba de Bonferroni con los promedios del tratamiento (Particulado).

En el caso de las especies de la División Rhodophyta, las cuales fueron de las más estudiadas en este experimento, mostraron efecto estimulante del crecimiento en el trigo cuando se adicionaron como extracto y particulado en comparación con el fertilizante químico (Bayfolan forte) y las hormonas vegetales (Agromil V). En el caso del trébol blanco, el extracto de *Acantophora spicifera* fue el que estimuló mayor crecimiento y para particulado fue *Palisada perforata*, comparado con-

tra los tratamientos estimulantes, lo anterior concuerda con lo registrado de Duarte *et al.*, (2018) que al utilizar *Palisada perforata* (como *Chondrophycus papillosum* (C. Agardh) D. J. Garbary & J. T. Harper) como particulado obtuvieron una estimulación en el crecimiento de *Pinus sativum* L. En el presente experimento, el alga roja que mostró un efecto de mayor crecimiento tanto para trigo como para trébol blanco fue *Acantophora spicifera* en extracto.

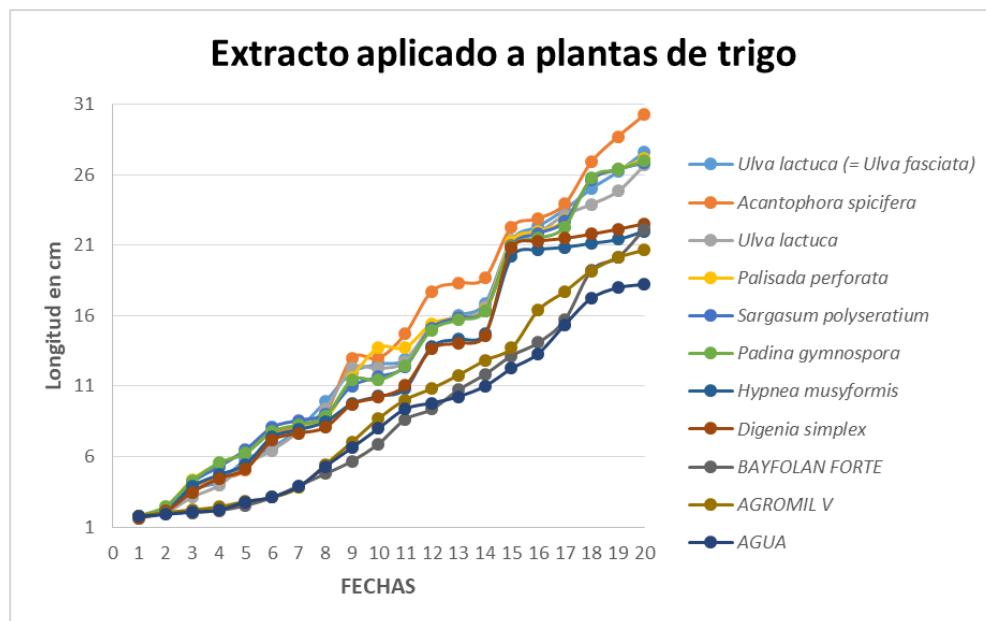


Figura 4. Gráfica del crecimiento de *Triticum aestivum* con el tratamiento Extracto.

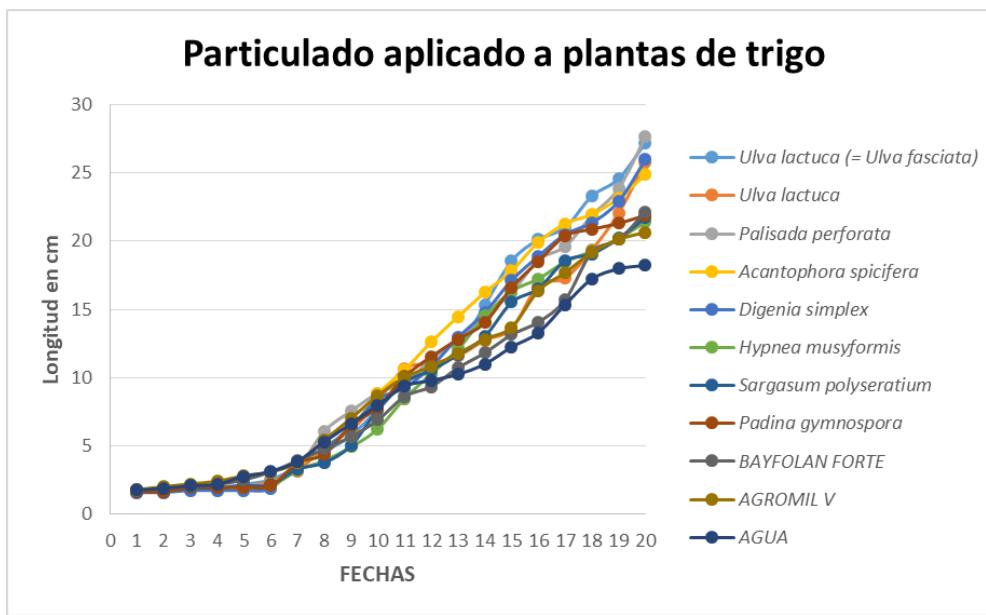


Figura 5. Gráfica del crecimiento de *Triticum aestivum* con el tratamiento Particulado.

Para las especies de la División Ochrophyta, *Padina gymnospora* y *Sargassum cymosum*, en los dos tratamientos, se obtuvieron resultados significativamente mayores para estimular el crecimiento de las plantas experimentales. El tratamiento particulado de *Sargassum cymosum* aplicado al trigo, estimuló en menor grado, quedando por debajo del producido por Agromil V; en el tratamiento particulado y tratamiento extracto, aplicado al trébol blanco, el crecimiento producido

fue menor que el obtenido por el fertilizante químico Bayfolan forte. Lo anterior coincide en parte con los resultados publicados por Duarte *et al.*, (2018) usando el chícharo, que al aplicarle extracto de *Sargassum polyceratum* Montagne, otra especie del mismo género, obtuvieron un crecimiento por debajo del tratamiento estimulante de hormonas vegetal (Agromil V). En contraste, el tratamiento particulado aplicado por Duarte *et al.*, 2018 sí estimuló más el crecimiento, que el tratamiento con estimulante hormonal.

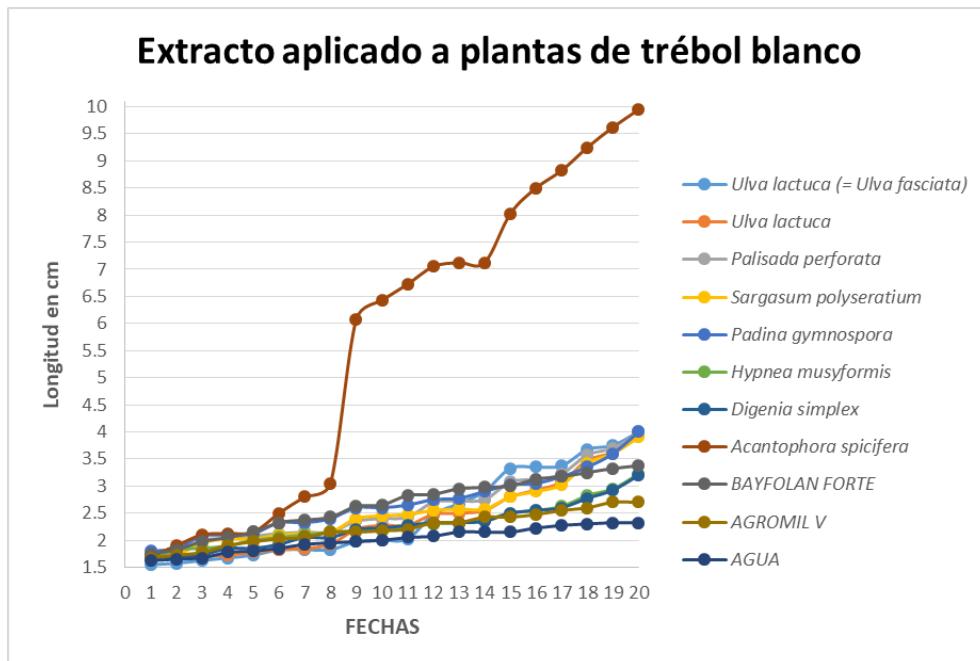


Figura 6. Gráfica del crecimiento de *Trifolium repens* con el tratamiento Extracto.

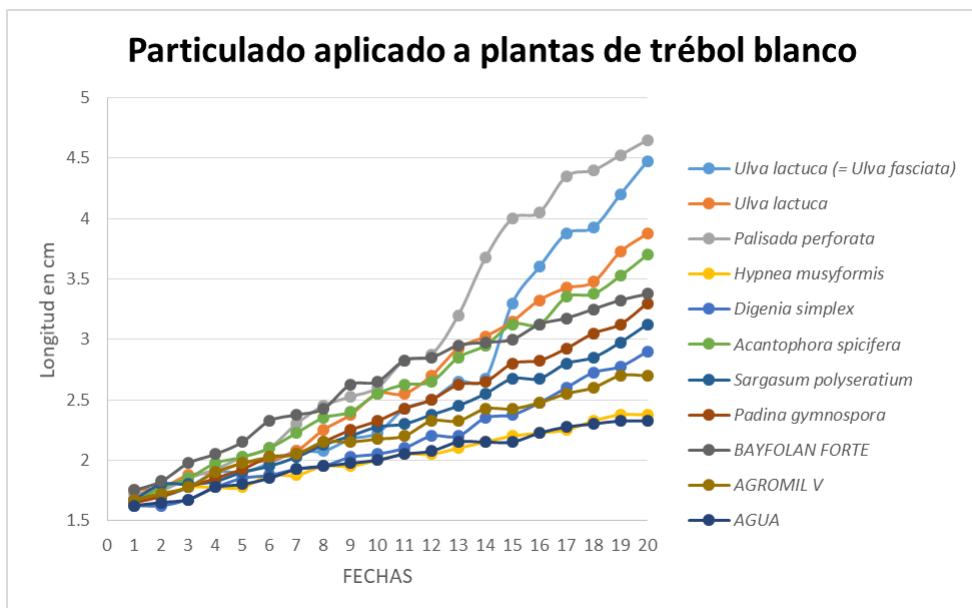


Figura 7. Gráfica del crecimiento de *Trifolium repens* con el tratamiento Particulado.

La actividad bioestimulante del crecimiento que poseen las algas marinas puede estar regulada por varios factores: como el método de extracción, las concentraciones aplicadas, las condiciones ecológicas y geográficas o bien relacionada con la época de recolecta del material algal (estacionalidad). Lo anterior se ha podido observar en varios experimentos de Sridhar y Rengasamy, (2010) y Kavipriya *et al.*, (2011); en ambos trabajos, se utilizó la especie *Ulva lactuca* la cual fue recolectada en la misma localidad pero en fechas distintas, mostrando una actividad bioestimulante diferencial entre ellas. En el presente trabajo y en Duarte *et al.*, (2018) se experimentó con *Palisada perforata* y *Ulva lactuca* recolectadas en la misma localidad, pero en fechas distintas y los resultados mostraron actividad bioestimulante diferente. Para el caso de *Ulva lactuca*, Duarte *et al.* (2018) las recolectaron en época de secas en el mes de marzo en Punta Delgada en el Estado de Veracruz, mientras que en este trabajo se recolectaron en época de lluvias en el mes de septiembre dentro de la misma localidad con resultados diferentes como se puede apreciar en las tablas 1 y 2. El tratamiento con extracto mostró una estimulación significativamente menor en comparación con los resultados de estos autores; caso contrario para el tratamiento particulado. Para apoyar la hipótesis de que la localidad o condiciones ambientales influyen en la presencia, ausencia o potencia de las propiedades bioestimulantes, dos trabajos son importantes: Duarte *et al.*, (2018) quienes demostraron que *Palisada perforata*, recolectada en época de secas en Playa Paraíso, estimuló el crecimiento de *Pisum sativum*, mientras que esta misma especie, pero recolectada 3 años después en Playa Muñecos (localidad alejada a 250 km de Playa Paraíso) estimuló en menor medida el crecimiento de las plantas. Por otra parte, Ganapathy y Sivakumar, (2014) utilizaron individuos de *Hypnea musciformis*, al igual que el presente estudio, recolectados en localidades distintas y en fechas distintas, observándose actividad bioestimulante diferencial. Estos resultados, aunados a lo presentado aquí, ayudan a comprobar que las zonas y condiciones de los sitios de recolecta modifican la síntesis de compuestos que pueden estimular el crecimiento, o bien cambian la potencia o concentración de estos. En conclusión, se comprobó que existe potencial en las algas estudiadas de la costa de Veracruz para su uso como promotores de crecimiento en plantas de cultivos de interés comercial, mejorando la calidad del suelo con el aporte de nutrientes esenciales para los cultivos. El agregar las algas en forma de extracto o particulado ayudó a mejorar la composición del suelo en Nitrógeno, Fósforo y Potasio, nutrientes esenciales para las plantas; que aumentan la productividad y son indicadores de la calidad del suelo.

REFERENCIAS

- AKILA, V., D. S. SUKEETHA, A. MANIKANDAN, P. M. AYYASAMY & S. RAJAKUMAR. 2019. A foliar spray application of seaweed liquid fertilizer (SLF) on the growth and biochemical constituents of *Vigna radiata* (L.) from marine macroalgae *Ulva* sp. *International Journal of Scientific Research and Review* 8(2): 345-353.
- ALTIERI, M. A. 1992. Agroecological foundations of alternative agriculture in California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39: 23-53.
- ANISIMOV, M. M. & E. L. CHAIKINA. 2014. Effect of seaweed extracts on the growth of seedling roots of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seasonal changes in the activity. *International Journal of Current Research and Academic Review* 2(3): 19-23.
- BAI, N. R., R. M. CHRISTI & 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.
- BATTACHARYYA, D., M. Z. BABGOHARI, P. RATHOR & B. PRITHIVIRAJ. 2015. Seaweed extracts as biofertilizers in horticulture. *Scientia Horticulturae* 30(196): 39-48.
- BLANCO-CANOQUI, H. & A. J. SCHLEGEL. 2013. Implications of inorganic fertilization of irrigated corn on soil properties: Lessons learned after 50 years. *Journal of Environmental Quality* 42: 861-871.
- CABIOCH, J. 1976. Utilization des Algues. *Skol-Vreiz*, 45: 20-24.
- CASTELLANOS-BARRIGA, L. G., F. SANTACRUZ-RUVALCABA, G. HERNÁNDEZ-CARMONA, E. RAMÍREZ-BRIONES & R. M. HERNÁNDEZ-HERRERA. 2017. Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Applied Phycology* 29: 2479-2488.
- CRAIGIE, J. S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology* 23(3): 371-393.
- CONTRERAS-ESPINOZA, F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F., México. 415 p.
- DAVEREDE, I. C., A. N. KRAVCHENKO, R. G. HOEFT, E. D. NAFZIGER, D. G. BULLOCK, J. J. WARREN & L. C. GONZINI. 2004. Phosphorus runoff from incorporated and surface-applied liquid swine manure and phosphorus fertilizer. *Journal of Environmental Quality* 33: 1535-1544.
- DOMÍNGUEZ, P. & A. DOMÍNGUEZ. 1994. Nitratos en hortalizas españolas. *Agrocola Vergel* 12(147): 18-20.
- DUARTE, I., H. S. H. ÁLVAREZ, A. L. IBÁÑEZ & C. A. RODRÍGUEZ. 2018. Macroalgae as soil conditioners or growth promoters of *Pisum sativum* (L.). *Annual Research & Review in Biology* 27: 1-8.
- EUGERCIOS, S. A. R., C. M. ÁLVAREZ & G. E. MONTERO. 2017. Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas* 26(1): 37-44.
- GANAPATHY, S. G. & 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.
- GAO, C., A. M. EL-SAWAH, D. F. ISMAIL-ALI, H. Y. ALHAJ, H. SHAGHALEH & M. S. SHETEWY. 2020. The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy* 10: 2-25.
- GARCÍA, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen* (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana (5^a ed.). México: Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.
- GARCÍA, S. I. & J. LAZOVSKI. 2011. *Guía de uso responsable de agroquímicos*. 1ra edición. Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. Buenos Aires. 34 p.

- GEISSERT, D. & D. DUBROEUCQ. 1995. Influencia de la geomorfología en la evolución de suelos de dunas costeras en Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas* 3: 37- 52.
- GRAGEDA-CABRERA, O. A., A. DÍAZ-FRANCO, J. J. PEÑA-CABRALES & J. A. VERA-NÚÑEZ. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1261-1274.
- GUTIÉRREZ-ARENAS, A. F., A. HERNÁNDEZ-GARAY, H. VAQUERA-HUERTA, J. ZARAGOZA, M. J. LUNA-GUERRERO & D. ARENAS. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Agroproductividad* 11(5): 62-68.
- HALLBERG, G. R. 1989. Nitrate in groundwater in the United States. In: R. F. Follet (Ed). *Nitrogen management and groundwater protection*. Amsterdam: Elsevier. pp. 69-73.
- HERNÁNDEZ, A. 2011. Uso de pesticidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental* 27(2): 115-127.
- HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M., F. SANTACRUZ-RUVALCABA, M. A. RUIZ-LÓPEZ, J. NORRIE & 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.
- HONG, D., H. HIEN & P. SON. 2007. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *Journal of Applied Phycology* 19: 817-826.
- KAVIPRIYA, R., P. K. DHANALAKSHMI, S. JAYASHREE & N. THANGARAJU. 2011. Seaweed extract as a biostimulant for legume crop, green gram. *Journal of Ecobiotechnology* 3(8): 16-19.
- KHAN, W., U. P. RAYIRATH, S. SUBRAMANIAN, M. JITHESH, P. RAYORATH, M. HODGES, A. CRITCHLEY, J. CRAIGIE, J. NORRIE & B. PRITHIVIRAJ. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development (review). *Journal of Plant Growth Regulation* 28(4): 386-399.
- KUMARI, R., I. KAUR & A. BHATNAGAR. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* P. Mill. *Journal of Applied Phycology* 23: 623-633.
- LEMBI, C. A & J. R. WAALAND. 1988. *Algae and Human Affairs*. Cambridge University Press. Cambridge. 375-70 p.
- LOK, S. & Y. SUÁREZ. 2014. Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48: 399-403.
- MILTON, R. 1964. Liquid seaweed as a fertilizer. *Proceedings of International Seaweed Symposium* 4: 428-431.
- MOE, P. G., J. V. MANNERING & C. B. JOHNSON. 1967. Loss of fertilizer nitrogen in surface runoff water. *Soil Science* 104: 389-394.
- MORENO, I., R. PLANA, A. RAMÍREZ & L. IGLESIAS. 1997. Comportamientos fenológico y agrícola de 10 variedades de trigo para el occidente de Cuba. *Cultivos Tropicales* 18(2): 16-18.
- NABTI, E., B. JHA & A. HARTMANN. 2017. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology* 14(5): 1119-1134.
- OMS FAO. 2015. *Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas*. Roma, 41 p.
- PÉREZ, S. & J. REFUGIO. 2015. Agricultura ecológica y mercado alternativo en el estado de Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 365-371.
- PRASAD, R. & J. F. POWER. 1997. *Soil fertility management for sustainable agriculture*. Lewis Publishers. Boca Raton, New York. 356 p.
- RAMYA, S. S., S. NAGARAJ & N. VIJAYANAND. 2011. Influencia de los extractos líquidos de algas en el crecimiento, características bioquímicas y de rendimiento de *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *The Journal of Phytology* 3: 37-41.
- RENGEL, M., F. GIL & J. MONTAÑO. 2011. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. Macronutrientes. *Bioagro* 23(1): 43-50.
- RESTREPO, I. 1992. *Los plaguicidas en México*. Comisión Nacional de Desechos Humanos. México. 2a. ed., México, 296 p.
- RUIZ, E. F. 2001. Agrohomeopatía: una opción ecológica para el campo mexicano. *La Homeopatía de México* 70(613): 110-116.
- RUIZ, E. F. H., E. R. HERNÁNDEZ, M. F. A. BELTRÁN, S. S. ZAMORA, R. J. G. LOYA & O. J. G. LUNA. 2016. Macroalgas como componente en el sustrato para producción de plántula de albahaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17: 3543-3555.
- SANCHEZ, L., J. A. DIEZ, A. VALLEJO & M. C. CARTAGENA. 2001. Denitrification losses from irrigated crops in central Spain. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1201-1209.
- SCHACHTMAN, D. P., R. J. REID & S. M. AYLING. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology* 116: 447-453.
- SHARMA, H. S., C. FLEMING, C. SELBY, J. R. RAO & T. MARTIN. 2014. Plant bio-stimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology* 26(1): 465-490.
- SPINELLI, F., G. FIORI, M. NOFERINI, M. SPROCCATTI & 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 and Biotechnology* 84: 131-137.
- SPSS Inc. Publicado en 2006. SPSS para Windows, versión 15.0. Chicago, SPS Inc.
- SRIDHAR, S. & R. RENGASAMY. 2010. Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. *Recent Research in Science and Technology* 2(5): 73-80.
- STEPHENSON, W. A. 1974. *Seaweed in agriculture and horticulture*. Bargylia and Gylver Rateaver, 3rd edition, California, 241 p.

- SUNARPI, J. A., R. KURNIANINGSIH, N. I. JULISANIAH & A. NIKMATULLAH. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience* 2(2): 73-77.
- SUREY-GENT, S. & G. MORRIS. 1987. *Seaweed: A user's guide*. Whitter Books Ltd. London, UK. 160 p.
- THIRUMARAN, G., M. ARUMUGAM, R. ARUMUGAM & P. ANANTHARAMAN. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 2(2): 50-56.
- TIRADO, R. 2015. *Agricultura Ecológica: los siete principios de un sistema alimentario que se preocupa por la gente*. Greenpeace International. Ámsterdam Países Bajos. 66 p.
- VINOGRADOV, A. P. 1953. The elementary chemical composition of marine organisms. *Trav Lab Biogeochem. Unión de escritores de la URSS* 4: 5-9.