

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Análisis de los Beneficios de las Algas Marinas y sus Derivados en la Remediación
de Suelos y en Cultivos de Interés Agrícola

Por:

NAYELLI AZUCENA SIGALA AGUILAR

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Análisis de los Beneficios de las Algas Marinas y sus Derivados en la Remediación
de Suelos y en Cultivos de Interés Agrícola

Por:

NAYELLI AZUCENA SIGALA AGUILAR

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



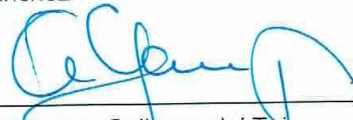
M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez

Asesor Principal



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. Arturo Gallegos del Tejo

Coasesor



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
METODOLOGÍA	3
CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA	5
1.1 El suelo	5
1.1.1 Propiedades físicas del suelo.....	5
1.1.2 Propiedades químicas del suelo	6
1.1.3 Propiedades biológicas del suelo	7
1.2 Calidad del suelo	9
1.3 Problemas que afectan la calidad del suelo	10
1.3.1 La erosión del suelo	11
1.3.2 Degradación del suelo.....	11
1.3.3 Compactación del suelo	11
1.3.4 Contaminación del suelo.....	12
1.4 Conservación del suelo	12
1.5 Agricultura sustentable	13
1.5.1 Agricultura orgánica	13
1.6 Generalidades de las algas	14
1.6.1 Morfología y fisiología	15
1.6.2 Pigmentos	15
1.6.3 Movilidad	15
1.6.4 Reproducción	16
1.6.4.1 Reproducción asexual	16
1.6.4.2 Reproducción sexual	17
1.6.5 Distribución	17
1.7 Importancia de las Algas Marinas	18
1.7.1 Inicio del uso de las algas marinas con fines agrícolas.....	19
1.8 La industria en la extracción de las algas marinas en México	20
1.9 Importancia económica del empleo de las algas marinas en México.....	22
1.10 Principales productos y usos de los derivados de las algas marinas	22
1.10.1 Extractos de Algas Marinas	22
1.10.1.1 Algas marinas como bioestimulantes.....	24
1.10.1.2 Algas marinas como boifertilizantes.....	24
1.10.1.3 Algas marinas como mejoradores de suelo	25
CAPITULO II. EFECTOS DE LAS ALGAS MARINAS SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	26
2.1 Beneficios de las algas marinas sobre el suelo	27
CAPITULO III. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS ALGAS MARINAS EN LOS CULTIVOS DE INTERES AGRICOLA.....	29
3.1 La importancia de las algas en la agricultura	29
3.1.1 Propiedades de las algas marinas en la agricultura.....	29
3.2 Compuestos orgánicos presentes en las algas marinas que ayudan al desarrollo de los vegetales.....	30

3.3 Compuestos inorgánicos presentes en las algas marinas que ayudan al desarrollo de los vegetales.....	31
3.4 Beneficio del uso de algas marinas contra agentes patógenos de los vegetales	32
CAPÍTULO IV. PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS A BASE DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN MÉXICO	33
4.1 Algaenzims ^{MR}	33
4.1.1 Efectos de Algaenzims ^{MR} en los suelos	35
4.1.2 Efectos de Algaenzims ^{MR} en los vegetales	36
4.2 Algaroot ^{MR}	37
4.2.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Algaroot ^{MR}	38
4.3 Turboenzims ^{MR}	39
4.3.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Turboenzims ^{MR}	39
4.4 Cuajaenzims ^{MR}	41
4.4.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Cuajaenzims ^{MR}	41
4.5 Frutoenzims ^{MR}	42
4.5.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Frutoenzims ^{MR}	43
4.6 Vitalex®	44
4.6.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Vitalex®.....	45
4. 7 AgroKelp®.....	46
4.7.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando AgroKelp®.....	46
4.8 Algamar®	48
4.8.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Algamar®	48
4.9 Kelpro ^{MR}	49
4.9.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Kelpro ^{MR}	49
4.10 Kelprosoil®.....	50
4.10.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Kelprosoil®.....	50
4.11 Seaweed®.....	51
4.11.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Seaweed®	51
4. 12 Kelprolizer®	51
4. 13 NPKelp®	52
4.13.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando NPKelp®	52
4. 14 Kelproot®	53
4.14.1 Funciones fisiológicas en los vegetales y en las propiedades del suelo aplicando Kelproot®.....	53
4.15 Alzinc ^b	54
4.15.1 Efectos de Alzinc ^b en los vegetales	54
4.16 Maxicrop®.....	55
4.16.1 Efectos de Maxicrop® en los vegetales	56
4. 17 Stimplex®.....	57
4.17.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Stimplex®.....	57
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	59
CAPITULO VII. CONCLUSIONES	61
ABREVIATURAS	63
GLOSARIO	63
LITERATURA CITADA.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Productos comerciales de algas producidas en México (SAGRARPA, 2012; Hernández-Herrera <i>et al.</i> , 2018).	21
Cuadro 2. Cuantificación de los diferentes grupos de microorganismos presentes en Algaenzims ^{MR} (Guerra, 2010; Martínez, 2011).....	33
Cuadro 3. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algaenzims ^{MR} (Palau Bioquim, 2018).....	34
Cuadro 4. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algaroot ^{MR} (Palau Bioquim, 2018).....	37
Cuadro 5. Composición del extracto concentrado de algas marinas Turboenzims ^{MR} (Palau Bioquim, 2018).....	39
Cuadro 6. Composición del extracto concentrado de algas marinas Cuajaenzims ^{MR} . (Palau Bioquim, 2018).....	41
Cuadro 7. Composición del extracto concentrado de algas marinas Frutoenzims ^{MR} (Palau Bioquim, 2018).....	42
Cuadro 8. Composición del extracto concentrado de algas marinas Vitalex® (Sagal, 2018).....	44
Cuadro 9. Composición del extracto concentrado de algas marinas AgroKelp® (Albiomar, 2016).....	46
Cuadro 10. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algamar® (Sagal, 2018).....	48
Cuadro 11. Composición del extracto concentrado de algas marinas Kelpro ^{MR}	49
Cuadro 12. Composición del extracto concentrado de algas marinas NPKelp® ..	52
Cuadro 13. Composición del extracto concentrado de algas marinas Kelproot® ..	53
Cuadro 14. Composición del extracto concentrado de algas marinas Alzinc ^b (Palau Bioquim, 2018).	54
Cuadro 15. Composición del extracto concentrado de algas marinas Maxicrop® (Agrhusa, 2018).	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de calidad del suelo. Fuente; Amezquita, 2004.	10
Figura 2. Reproducción asexual por esporulación (Audesirk, 1997).....	16
Figura 3. Reproducción sexual por conjugación en una especie de <i>Spyrogira sp.</i> (Curtis, 1991).	17
Figura 4. Países donde se da uso de las algas marinas con fines agrícolas (Zemke-White y Ohno, 1999).	19
Figura 5. Flora de algas en las cinco regiones geográficas de México según (Pedroche y Senties, 2003). El número de algas con valor económico potencial aparece entre paréntesis (Hernández-Herrera <i>et al.</i> , 2018).....	20
Figura 6. Representación esquemática de los efectos fisiológicos provocados por los productos a base de algas marinas y los posibles mecanismos de bioactividad (Khan <i>et al.</i> 2009).....	30

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población humana a nivel mundial, ha ocasionado aumento en la demanda de alimentos, por consecuente, se incrementa el cambio de uso de suelo en actividades agrícolas y ganaderas para satisfacer las necesidades de los seres humanos. Una de las alternativas más utilizadas por mucho tiempo fue el uso de fertilizantes y pesticidas de síntesis químico para aumentar los rendimientos de la producción agrícola y el control de plagas.

El uso irracional de los agroquímicos altera las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, estos a su vez contaminan los alimentos obtenidos de los cultivos y el ambiente en general, perjudicando directamente al ser humano; debido a los efectos adversos que los agroquímicos causan al ambiente, es necesario buscar alternativas para la remediación de los suelos mediante una agricultura sustentable que garantice la producción de alimentos sanos, aminorando los daños ocasionados.

En años recientes, los productos naturales a base de algas marinas y sus derivados se están utilizando como sustitutos de agroquímicos y han adquirido importancia en varios países de todo el mundo, por los beneficios que estos tienen en los cultivos y en el reducido impacto que causan al ambiente. Dichos productos se encuentran principalmente comercializados como: biofertilizantes por su alto contenido de macronutrientes y micronutrientes o como bioestimulantes por su contenido de hormonas promotoras de crecimiento y otros compuestos orgánicos importantes para el desarrollo de los vegetales (Khan *et al.* 2009).

Actualmente el uso de las algas marinas y sus derivados representa una buena alternativa en el uso de la agricultura, en estudios realizados se han comprobado sus benéficos puesto que aumenta determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas en los vegetales (Ratiba, 1997), además de incrementar la resistencia a condiciones extremas como heladas, altas temperaturas, sequía, heridas, plagas y

enfermedades, por otra parte, ayuda a mejorar las características del suelo (Norrie y Keathley, 2005).

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la producción agrícola enfocada a la aplicación creciente de fertilizantes, pesticidas y otros productos a base de síntesis química ha deteriorado el ambiente, alterando las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, por lo cual es necesario buscar alternativas para la remediación de los mismos, mediante una agricultura sustentable que no solo ayude a su conservación, sino que también garantice la producción de alimentos sanos, y una alternativa para esta problemática es el empleo de las algas marinas y sus derivados.

OBJETIVOS

Objetivo General

Destacar los beneficios de las algas marinas y sus derivados en la restauración de suelos y en cultivos de interés agrícola.

METODOLOGÍA

El procedimiento para la realización de esta monografía se llevó a cabo en tres etapas, como se menciona a continuación:

- La primera etapa consistió en recabar información sobre el significado del suelo, destacando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, qué es un suelo de calidad, así como los problemas que afectan a sus propiedades y las alternativas que se han implementado para poder restaurarlo, como es el uso de una agricultura orgánica a base del uso de algas marinas y sus derivados, tomando en cuenta sus principales usos.
- La segunda etapa consistió en investigar sobre los beneficios que tienen las algas marinas y sus derivados, en su uso sobre las propiedades (físicas, químicas y biológicas) del suelo, y sobre los efectos fisiológicos en los vegetales.

- En la tercera etapa se tomaron en cuenta los principales productos utilizados en México, elaborados a través de las algas marinas y sus derivados y como estos influyen en las propiedades (físicas, químicas y biológicas) del suelo y en los cultivos de interés agrícola.

Palabras claves: Algas, agricultura, bioestimulantes, cultivos, remediación, suelo, vegetales.

CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA

Este capítulo proporciona información sobre que es el suelo, sus propiedades físico, químicas y biológicas, los problemas que lo afectan, así como también una visión general de la investigación relacionada acerca de las algas marinas, su importancia económica, los productos elaborados con estas, y sus diferentes maneras de uso, como: bioestimulantes, fertilizantes y mejoradores del suelo.

1.1 El suelo

En la agronomía, el suelo es la capa superficial de la corteza terrestre que contiene minerales, materia orgánica, aire, agua y los nutrientes necesarios para dar sostén y desarrollo a los vegetales. Compuesto de propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales son intrínsecas a este.

Una definición propuesta por Summer en el 2000, dice que “el suelo es esencial para la vida, es un elemento de enlace entre factores bióticos y abióticos, considerado uno de los recursos naturales más importantes porque es hábitat para el desarrollo de las plantas, de esto la necesidad de mantener su productividad, es una capa superficial de material orgánico y mineral no consolidado, debido a factores que le dieron origen (topografía, clima, biota, material parental, biológico y morfológico) y su interacción entre ellos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del material de origen”.

1.1.1 Propiedades físicas del suelo

Las características físicas de los suelos, determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad de la penetración de las raíces, aireación, infiltración, capacidad de retención de humedad, plasticidad, y la retención de nutrientes.

Las propiedades del suelo corresponden a la textura, estructura, consistencia, densidad y porosidad, descritas posteriormente:

- Textura: Es la proporción relativa de arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla, cuando la cantidad de elementos que constituyen la textura le dan la posibilidad de ser soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición, entonces se dice que el suelo tiene buena textura (Rucks *et al.*, 2004).
- Estructura: La estructura puede definirse como el tamaño y la forma geométrica de los agregados del suelo. La estructura, esta tiene influencia en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, siendo así considerada como la propiedad física clave para el desarrollo de las plantas en determinados casos y además de ser un factor limitante de la producción (Montenegro, 1990).
- Consistencia: Puede definirse como la resistencia que opone una masa de suelo en su estado natural a las fuerzas externas tendientes a su deformación y ruptura.
- Porosidad: Es la fracción de agua/gases, los espacios o vacíos que se encuentran entre partículas sólidas orgánicas e inorgánicas del suelo, contienen diferentes proporciones de agua y aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire, debido a que el agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O₂) y bióxido de carbono (CO₂) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire (Aguilera, 1989).
- Densidad Aparente: Es la cantidad de masa de suelo seco sin alterar por unidad de volumen.

1.1.2 Propiedades químicas del suelo

Al determinar las propiedades químicas de los suelos, se estudia la composición de las características y reacciones químicas de los suelos. Los mayores estudios se han dirigido a tratar lo relacionado con la dinámica de los nutrientes y la fertilidad de los suelos.

Las propiedades químicas tienen estrecha relación con el uso y manejo de los suelos, y por tanto con su producción sostenible. Son de especial relevancia las características relacionadas con la retención de los nutrientes por los coloides del suelo, con la solubilidad de estos nutrientes y con las formas iónicas en que se encuentren estos para ser o no asimilados por las plantas. Las principales características químicas más importantes del suelo son: el intercambio iónico y el potencial hidrogeno (pH).

- pH: Es una de las propiedades físico-químicas más importantes en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica (Ramírez-Carvajal, 1997). El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas así como a muchos procesos del suelo (FAO, 2009).
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo. El más importante es el intercambio catiónico, junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo (Ramírez-Carvajal, 1997).

1.1.3 Propiedades biológicas del suelo

La materia orgánica constituye la biota del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo, así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo, a medida que descomponen los residuos los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas

que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes). La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

En el suelo, existe gran variedad de microorganismos, que son los componentes más importantes, ya que, constituyen la parte viva, y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo, se pueden distinguir la microfauna (Martínez, 2002). Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura, se encuentran; la descomposición de residuos orgánicos, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, aporte de nutrientes al suelo, desintoxicación de suelos contaminados con plaguicidas, supresión de enfermedades en las plantas y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas, la efectividad en el uso de microorganismos se logra cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos, como disponibilidad de agua, oxígeno (dependiendo de si son aerobios obligados o anaerobios facultativos), pH y temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas.

La biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que de una u otra forma actúan sobre el suelo modificando su composición, su estructura y su funcionamiento (Ramírez-Carvajal, 1997). Los agentes biológicos presentes del suelo se clasifican según su tamaño:

- Macrofauna: Son organismos mayores a 1 cm de diámetro. Es decir, se pueden observar a simple vista y efectúan sobre el suelo cambios físicos y, en algunos casos, cambios químicos. Pueden ser: vertebrados, organismos que tienen relación directa con el suelo y que son de vida silvestre. Invertebrados, dentro de los cuales están moluscos como el caracol y las babosas, anélidos como la lombriz de tierra, onicóforos como la oruga, y una gran cantidad de insectos.

- Mesofauna: Son aquellos con diámetros que están entre doscientas micras y 1 cm, Se encargan de producir en el suelo cambios físicos y químicos, en la mesofauna, los de mayor importancia son los nematodos.
- Microfauna: Son los responsables de las transformaciones químicas correspondientes a los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica. Tienen un diámetro entre 20 y 200 micras. Los de mayor importancia son los protistas. Las bacterias son los microorganismos más prolíferos en el suelo y los más importantes para transformar químicamente diferentes compuestos a formas asimilables por las plantas. En su mayoría son heterótrofas y saprofitas (descomponen compuestos) y algunas son autótrofas (fabrican su propio alimento).

1.2 Calidad del suelo

La calidad del suelo se mide generalmente desde tres aspectos: físicos, químicos y biológicos, que se consideran importantes para la evaluación del grado de degradación de los suelos o los procesos de mejoramiento, y para identificar las prácticas de gestión sostenible del suelo o de todos los problemas físicos que puedan suceder (Dexter y Czyz, 2000). El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Batista-Cruz *et al.*, 2004).

La calidad del suelo se puede establecer a partir de indicadores que reflejen procesos esenciales (físicos, químicos y biológicos) que ocurren en el suelo, cuyos cambios son sensibles de detectar en el espacio y el tiempo, estableciendo con claridad una relación causa-efecto. A partir de tales indicadores se puede obtener un índice de calidad del suelo (ICS o SQI en su terminología inglesa) para conocer el estado de este (González-Nivia, 2014). Un suelo de calidad es aquel que cuenta con la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos de una manera sustentable

a largo plazo, y de promover, al mismo tiempo, la salud humana y animal, sin agotar los recursos naturales, y sin afectar al ambiente (Astier *et al.*, 2002). Para Schloter *et al.*, (2003), “la calidad del suelo se define como la capacidad continua de este para funcionar como un sistema vivo dentro de los límites del ecosistema y el uso del suelo, en el cual se debe mantener la productividad biológica, promover la calidad del aire y el agua, así como mantener las plantas, animales y la salud humana”.

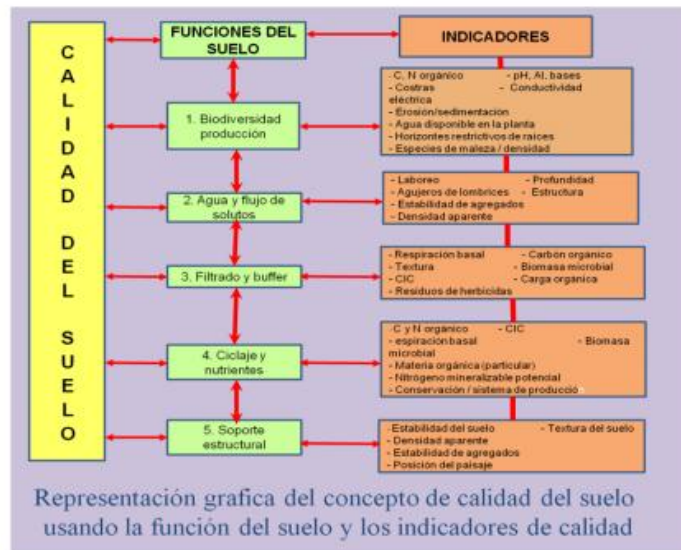


Figura 1. Diagrama de calidad del suelo. Fuente; Amezcuita, 2004.

1.3 Problemas que afectan la calidad del suelo

El suelo es un recurso natural no renovable, por lo que protegerlo y conservarlo es fundamental (Domínguez-Céspedes, 2016), el inadecuado uso del suelo, ya sea por labranza, mal manejo del agua de riego o por falta de rotación de cultivos, lleva a que se presenten limitantes del suelo, que afectan la productividad. La intervención del hombre ha conllevado a que estos limitantes se acentúen debido a la preocupación de aumentar la productividad del suelo, lo cual conlleva al uso indiscriminado de insumos externos como lo son los productos de síntesis química que contaminan, al igual que las aguas con que se riegan los cultivos, que en ocasiones no son de calidad apropiadas para su uso en la agrícola. El sistema de laboreo y la rotación de cultivos son prácticas de manejo con reconocida capacidad

de modificar la calidad del suelo. La implementación de sistemas de producción que incluyen rotación anual de cultivos con plantaciones perennes, mejoran los indicadores de calidad del suelo y reducen la erosión (González-Nivia, 2014).

1.3.1 La erosión del suelo

Es el proceso al que obedece la forma cambiante de la superficie terrestre. Consiste en la separación de las partículas y agregados de la “masa” de suelo y en su transporte y sedimentación en posiciones inferiores al punto original. Los agentes de la erosión pueden ser agua, viento, gravedad, cambios de temperatura y la actividad biológica (Páez *et al.*, 1992).

1.3.2 Degradación del suelo

La FAO en 1979, definió la degradación del suelo como “aquel proceso que disminuye su capacidad real y/o potencial para producir bienes o prestar servicios”. Por su parte Zarate y Ramírez en el 2004, lo definieron como “proceso de una extensión árida, semiárida, subhúmeda o húmeda a un espacio con menos vida, este proceso conduce a la destrucción de los ecosistemas, de la productividad natural y a la reducción del potencial económico de estas áreas”.

1.3.3 Compactación del suelo

Uno de los principales problemas que afectan la calidad de los suelos, es la llamada “compactación”, la cual se define como, el proceso por el cual las partículas del suelo sufren un rearrreglo, aumentando el contacto entre sí mismas, disminuyendo el espacio poroso e incrementando su densidad aparente. En México como en otros países, la compactación de los suelos bajo condiciones de cultivo intensivo, se ha señalado como una principal problemática de la degradación de los mismos. Esta situación genera que el suelo tenga un descenso en su permeabilidad al agua y al aire, así como también, una resistencia a la penetración, lo que origina una inhibición del crecimiento radical de las plantas que allí se establezcan (Florentino, 1989).

1.3.4 Contaminación del suelo

Un suelo contaminado es aquel que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmosfera, y los organismos.

Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La agricultura es una de las actividades más contaminantes para el suelo, ya que afecta a grandes superficies del mismo y es la actividad principal que se desarrolló sobre él. La contaminación del suelo se afecta tanto en el manejo como en los aditivos utilizados, como fertilizantes y pesticidas.

La capacidad depuradora de los contaminantes del suelo depende fundamentalmente de: 1) su actividad microbológica, que es la que facilita la descomposición e inmovilización de los contaminantes, 2) las arcillas y la materia orgánica, que mediante reacciones físico-químicas absorben a los contaminantes y permiten su inmovilización o liberación, y 3) la capacidad filtrante, que va a regular la facilidad de penetración de los contaminantes.

1.4 Conservación del suelo

La conservación de los suelos se concibe como el conjunto de prácticas aplicadas para promover y preservar la calidad edáfica y productividad natural del suelo, con base en su sustentabilidad, asegurando en el presente su productividad para las necesidades de las generaciones futuras, con una visión preventiva enfocada a evitar la degradación o perdida por contaminación, salinización o erosión, entre otros factores: estas prácticas por lo general son de tipo cultural agronómica o vegetativa, como la reforestación, barreras verdes, cortinas rompevientos, y cultivos de cobertura, entre otras (Zavala-Cruz, 2011).

1.5 Agricultura sustentable

La agricultura sustentable es un sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con el objetivo de satisfacer la alimentación humana, mejorar la calidad del ambiente, hacer un uso eficiente de los recursos no renovables como lo es el suelo, mejorando la calidad de vida de los agricultores y la sociedad como un todo (Osorio-Soto, 2008).

1.5.1 Agricultura orgánica

La agricultura tradicional, en el medio rural se desarrollaba en un proceso dinámico que incluía la adaptación del hombre a las condiciones biofísicas locales. Este proceso sufrió constantes transformaciones a medida que paso el tiempo, ya que después de la II Guerra Mundial, dicho proceso se aceleró a nivel global con la producción de tecnologías con base en la utilización de químicos sintéticos, que tuvo su clímax en la impresionante escalada en los niveles de producción de arroz y trigo en Asia a mediados de los años 60 y que se llegó a conocer como la Revolución Verde, desarrollando los sistemas de “alta productividad” orientados a los cultivos comerciales de altos ingresos que sustituyan a los sistemas de “baja productividad” orientados a la subsistencia (Garcés-Jaramillo, 2010).

Por su origen, la agricultura orgánica surge desde una concepción integral, donde se involucran elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos. No se trata de la mera sustitución del modelo productivo o de insumos de síntesis artificial por insumos naturales. La agricultura orgánica es una opción integral de desarrollo capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados altamente competitivos y crecientes (Amador, 2001). La agricultura orgánica rescata las prácticas tradicionales de producción, pero no descarta los avances tecnológicos no contaminantes, sino más bien los incorpora, adaptándolos a cada situación particular. La agricultura orgánica es la conjunción de prácticas ancestrales (Soto, 2003).

Al igual que otras actividades humanas, la agricultura, implica una presión sobre los sistemas de soporte de vida. Este nivel de presión depende del tipo de prácticas y procesos involucrados en los diferentes sistemas agrícolas (Garcés-Jaramillo, 2010). El rol de la agricultura orgánica, ya sea de producción, transformación, distribución o consumo, es el de mantener y mejorar la salud de los ecosistemas y organismos, desde el más pequeño en el suelo, hasta los seres humanos (IFOAM, 2012).

Márquez *et al.*, (2010), mencionan que “la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa”.

1.6 Generalidades de las algas

Las primeras plantas (las algas) evolucionaron en el mar, el cual satisfacía muchas de sus necesidades. Al crecer en este ambiente, las algas modernas permanecieron más sencillas que las plantas terrestres de diferentes maneras, las algas no tienen raíces, tallos ni hojas verdaderas, son de una amplia diversidad morfológica y fisiológica, y con una capacidad de locomoción restringida o nula, cuya distribución está sujeta a los movimientos del agua.

Las algas son, principalmente suelen ser plantas acuáticas, aunque se les puede encontrar en ecosistemas terrestres, especialmente en lugares húmedos, son de tamaño microscópico, pero existen algunas especies son estructuralmente complejas (Cronquist, 1992). La fotosíntesis autótrofa como vía principal de nutrición, es la característica más importante de estos organismos, (Hammer, 1996).

1.6.1 Morfología y fisiología

Las algas presentan una gran variedad de formas y tamaños, muchas especies son unicelulares de forma esférica, bacilar, de clava o puntiaguda, otras se agrupan en colonias multicelulares de gran tamaño y grado de complejidad; incluso hay colonias membranosas, grupos filamentosos simples o conglomerados con cordones individuales, ramificadas o sin ramificar y tubos divididos o no por paredes celulares (Hawkins y Griffiths, 1993). Algunas colonias son simples conglomerados de células solas e “idénticas” que se quedan juntas después de dividirse, otras están compuestas de diferentes clases de células especializadas en ciertas funciones. Estas colonias llegan a ser muy complejas y superficialmente se asemejan en su estructura a las plantas superiores (Pelczar, 1982).

1.6.2 Pigmentos

Un factor que diferencia los grupos de algas es la diversidad de los pigmentos fotosintéticos (clorofilas, carotenoides y biliproteínas). La clorofila es el pigmento fotosintético primario de todos los organismos fotosintetizadores que desprenden oxígeno y está presente en todas las algas (Wetzel, 1981).

1.6.3 Movilidad

Las algas móviles, tienen un flagelo o varios pares o mechones colocados en la porción anterior o posterior de la célula. Estos flagelos pueden ser de tres tipos: de látigo (cilíndrico y liso), relumbrante (cilíndrico y con apéndices tipo cabello), y en listón o cinta. Algunas algas no tienen medios de locomoción y son arrastrados por corrientes, olas y mareas, otras se desplazan por medios diferentes a los flagelos. Algunas se fijan al sustrato del agua en donde viven y ocasionalmente se rompen y son arrastradas por las corrientes que las llevan a nuevas localidades.

1.6.4 Reproducción

Las algas se reproducen tanto sexual como asexualmente, algunas de las especies tienen estructuras internas similares a la de las plantas vasculares, se limitan a uno de los procedimientos, pero muchas tienen varios ciclos en los que emplean los dos tipos de reproducción (Pelczar *et al.*, 1982).

1.6.4.1 Reproducción asexual

La reproducción asexual por medio de la esporulación, es la más común dentro del grupo de las algas. La esporulación se refiere al proceso por el cual las células de algunos organismos producen una o más células reproductivas dentro de su pared celular. La célula original (madre) es llamada esporangio y la nueva o nuevas células son llamadas esporas (figura 2). Se pueden producir grandes cantidades de esporas para un incremento rápido en el tamaño de la población (Pelczar *et al.*, 1982). Las esporas inmóviles o aplanosporas, son al parecer, más frecuentes en las terrestres, y algunas aplanosporas evolucionan a zoosporas.

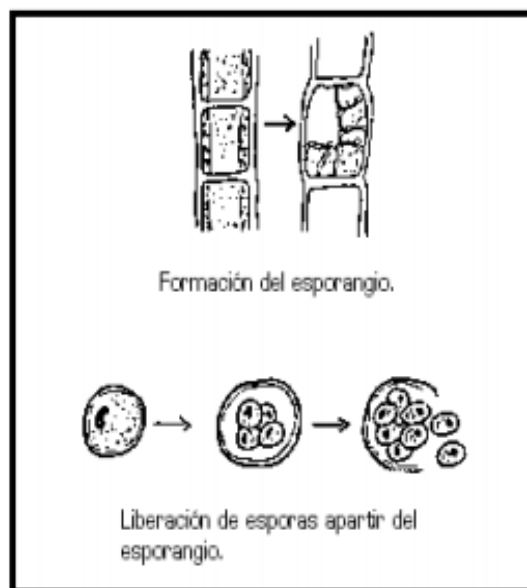


Figura 2. Reproducción asexual por esporulación (Audesirk, 1997).

1.6.4.2 Reproducción sexual

En las algas, la reproducción sexual más común es la de fusión (conjugación) de las células sexuales llamadas gametos, como se puede observar en la Figura 3, en la unión de dos gametos, hay combinación del material nuclear antes de que surjan nuevas generaciones. La unión de los gametos forma el cigoto y si los gametos son idénticos, sin diferenciación sexual, el proceso se llama isogamia. En cambio, cuando los gametos que difieren en tamaño (macho y hembra) se funden, y se denomina heterogamia (Curtis, 1991).

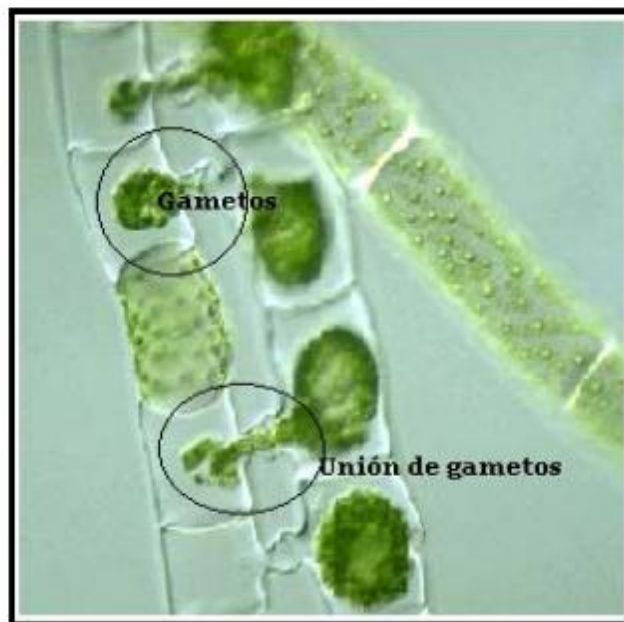


Figura 3. Reproducción sexual por conjugación en una especie de *Spyrogira sp.* (Curtis, 1991).

1.6.5 Distribución

En la naturaleza se encuentran miles de algas, son muy pocos los lugares de la tierra en donde no haya alguna especie de estas, principalmente tienen presencia en los océanos, mares, lagos salados o de agua dulce, lagunas y arroyos, entre otros, muchas viven en los suelos húmedos, rocas, piedras, cortezas de árboles, plantas y animales (Ville *et al.*, 1992). Las pequeñas formas acuáticas forman gran parte de la vida microscópica flotante llamada plancton, que son el principal alimento de los animales que viven en ese medio, incluso los muy grandes como

las ballenas. Las algas se encuentran en donde hay suficiente luz, humedad y alimentos simples (Wetzel, 1981).

1.7 Importancia de las Algas Marinas

Las algas forman una parte integral del ecosistema marino, se estima que hay alrededor de 9,000 especies de macroalgas clasificadas en 4 grupos principales basados en sus pigmentos: Cyanophyta, Ochrophyta, Rhodophyta y Chlorophyta; o azul-verdes, cafés, rojas y verdes, respectivamente. Las algas rojas son el grupo más abundante, ya que de ellas se conocen cerca de 4,000 especies, después se encuentran las algas cafés, que comprenden alrededor de 2,000 especies (Khan *et al.*, 2009).

Las algas marinas han sido utilizadas en la agricultura por mucho tiempo, como alimento, mejoradores de las propiedades físico-químicas del suelo y suplemento para animales. La implementación de las algas y sus derivados en los cultivos ha crecido, por lo que presenta la tendencia a desarrollar un gran número de productos de algas procesadas. Sus productos para la aplicación en la agricultura se dividen en tres grupos: 1) harinas (algas secadas y molidas en polvo grueso), usadas en grandes volúmenes para suplementar suelos o para mezclar en medios definidos, en los invernaderos, 2) polvos, y 3) extractos líquidos y concentrados empleados para enraizar, remojar suelos y como aspersores foliares (Meeting *et al.*, 1991).

En años recientes, los productos naturales a base de algas marinas se están utilizando como sustitutos de fertilizantes sintéticos y han adquirido importancia en muchos países de todo el mundo. Estos productos se encuentran comercialmente como fertilizantes o bioestimulantes principalmente por su contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y hormonas promotoras de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas), betainas, oligoelementos, vitaminas y aminoácidos (Khan *et al.*, 2009).

1.7.1 Inicio del uso de las algas marinas con fines agrícolas

El uso de las algas marinas con fines agrícolas para el año de 1999, fue documentado en 21 países, en diferentes regiones de la Tierra (Zemke-White y Olmo, 1999) (Figura 4). Los primeros países en utilizar las algas marinas como fertilizantes desde los principios de la agricultura fueron: Japón, China, Grecia, en las islas y las costas del noreste europeo y en Chile (Meier, 1942). Sin embargo, la utilización de algas como fertilizante para la producción agrícola, se practicaba solo en las zonas limítrofes de la costa; hasta que a partir del siglo pasado, las algas fueron utilizadas como productos transportables (Craigie *et al.*, 2007). Recientemente el uso de extractos derivados de las algas para la agricultura y la horticultura se ha incrementado de manera importante (Zodape *et al.*, 2011).

Inicialmente las algas fueron comercializadas con fines de composta, a partir de 1950 se desarrolló el comercio de productos derivados de los extractos líquidos de algas, ya que sus efectos benéficos, presentan con mayor rapidez que la composta (Stephenson, 1974). Actualmente estos extractos comerciales tienen diferentes características de color, olor y viscosidad.

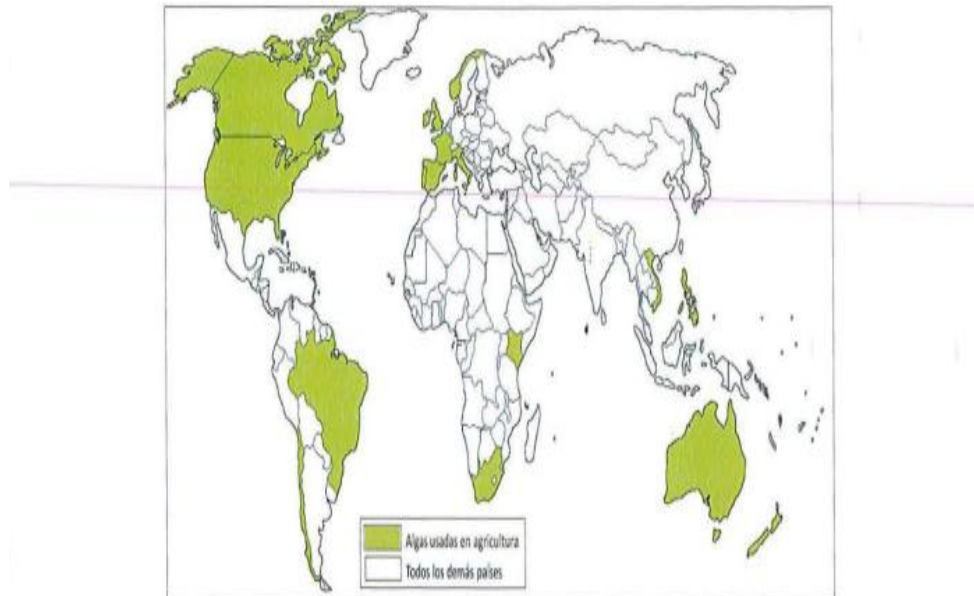


Figura 4. Países donde se da uso de las algas marinas con fines agrícolas (Zemke-White y Ohno, 1999).

Recientemente México se incluye entre ellos. Existen empresas tales como: Algas y Bioderivados Marinos S.A de C.V., Tecniprocesos Biológicos S.A de C.V. y Productos del Pacífico S.A de C.V., las cuales se dedican a elaborar productos que se utilizan en la agricultura (SAGARPA, 2012).

1.8 La industria en la extracción de las algas marinas en México

En México, el uso de algas a nivel industrial comenzó en la primera mitad del siglo pasado. La industria algar comenzó en 1941 con la compañía AlgaMex (Osario-Tafall, 1946) cosechando el "sargazo rojo" *Gelidium robustum* mediante el buceo. Las algas gigantes como *Macrocystis pyrifera* junto con otras algas del género *Sargassum* se explotaron inicialmente en la Isla Todos Santos en el Estado de Baja California, donde se obtuvieron sales de potasio con fines agrícolas (Ortega, 1987), pero la industria comenzó en 1956 como fuente de algas de alginatos. Una década después, los lugareños comenzaron a cosechar *Chondracanthus canaliculatus* como fuente de carragenina, a mano durante la marea baja (Hernandez-Herrera *et al.*, 2018).

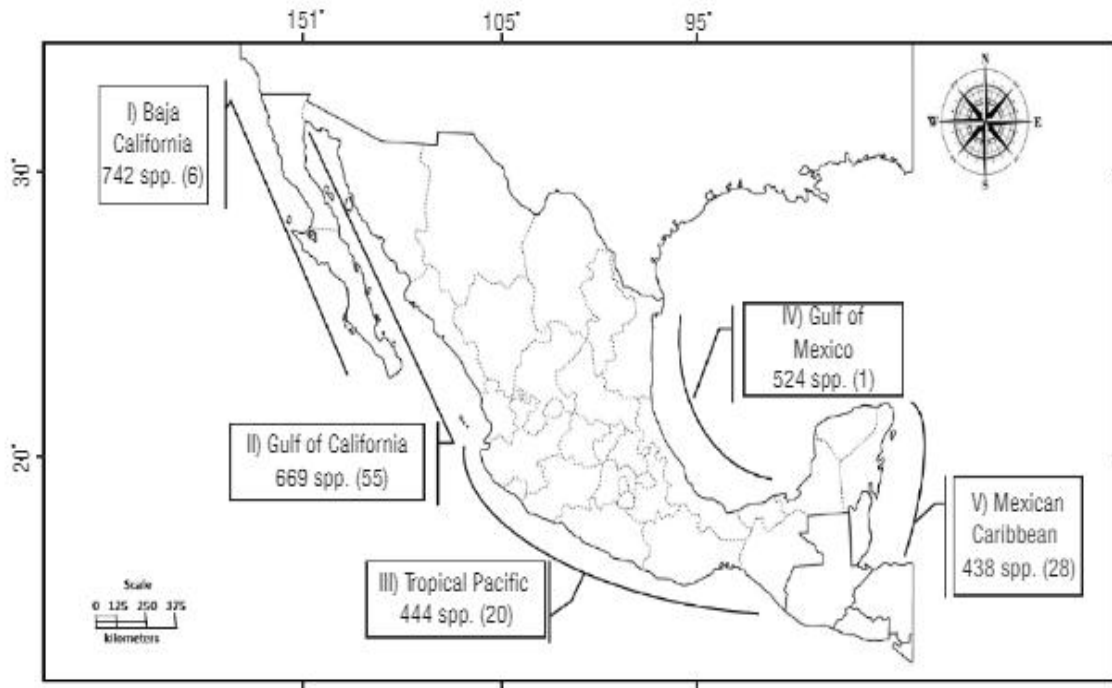


Figura 5. Flora de algas en las cinco regiones geográficas de México según (Pedroche y Sentíes, 2003). El número de algas con valor económico potencial aparece entre paréntesis (Hernández-Herrera *et al.*, 2018).

La biomasa de algas de seis especies, se utilizan para producir 14 productos comerciales en el país (Tabla 1); como bioestimulantes, biofertilizantes y los promotores de raíces (SAGARPA, 2012). La producción de productos comerciales en México se basa en la biomasa de las algas mediante la extracción con disolventes convencionales y la hidrólisis con varios métodos bajo tratamiento hidrotermal con condiciones ácidas, neutras y alcalinas (Hernandez-Herrera *et al.*, 2018).

Product name	Seaweed species	Manufacturer	Application	pH/color
AgroKelp®	<i>Macrocystis pyrifera</i> (Linnaeus) C. Agardh	Algas y Bioderivados Marinos, S.A de C.V	Biostimulant Biofertilizer	4.3-4.6 Dark brown liquid
Algaenzims™	<i>Sargassum</i> spp., desert plants and salts	Palau Bioquim, S.A. de C.V	Biofertilizer	Unspecified
Algamar®	<i>Ascophyllum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis, <i>Sargassum</i> spp., <i>Laminaria</i> spp., <i>M. pyrifera</i> , and <i>Egregia</i> <i>menziesii</i> (Turner) Areschoug	Quimica Sagal, S.A. de C.V	Biostimulant	8.7-9.3 Black powder
Algaroot™	<i>Sargassum</i> spp., desert plants and salts	Palau Bioquim, S.A. de C.V	Root promoter	Unspecified liquid
Cuajaenzims™	<i>Sargassum</i> spp., desert plants and salts	Palau Bioquim, S.A. de C.V	Biostimulant	Unspecified
Frutoenzims™	<i>Sargassum</i> spp., desert plants and salts	Palau Bioquim, S.A. de C.V	Biostimulant	Unspecified
Kelpro™	<i>M. pyrifera</i> and <i>E. menziesii</i>	Tecniprosesos Biológicos, S.A. de C.V	Biostimulant	4.4
Kelprolizer®	<i>M. pyrifera</i> , liquid fish protein and humic acid	Productos del Pacífico, S.A de C.V	Blend organic fertilizer	4.5-5.0
Kelproot®	<i>M. pyrifera</i> and <i>Gelidium</i> <i>robustum</i> (Gardner) Hollenberg et Abbott	Algas y Extractos del Pacífico Norte, S.A. de C.V	Root promoter	2.0 to 12.5 Dark brown liquid
Kelprosoil®	<i>M. pyrifera</i>	Productos del Pacífico, S.A de C.V	Biostimulant	Brown to greenish liquid
NPKelp®	<i>M. pyrifera</i> and <i>G. robustum</i> combined with <i>Yucca</i> <i>schidigera</i> Roesl ex Ortgies and humic acid	Algas y Extractos del Pacífico Norte, S.A. de C.V	Biofertilizer	4.5-5.1 Dark brown liquid
Seaweed®	<i>M. pyrifera</i>	Algas Marinas, S.A. de C.V	Biostimulant	4.0-4.5 brown
Turboenzims™	<i>Sargassum</i> spp., desert plants and salts	Palau Bioquim, S.A. de C.V	Metabolic enhancers	Unspecified
Vitalex®	Unspecified seaweed and hydrolyzed fish	Quimica Sagal, S.A. de C.V	Biofertilizer	8.5-9.0 Brown liquid

Cuadro1. Productos comerciales de algas producidas en México (SAGRARPA, 2012; Hernández-Herrera *et al.*, 2018).

1.9 Importancia económica del empleo de las algas marinas en México

México cuenta con una actividad comercial e industrial de macroalgas productoras de ficocoloides que data de mediados de los cincuenta. Las especies que se han explotado comercialmente son; *Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum*, *Gigartina canaliculata*, *Egrecia* sp., *Porphyra*, *Eucheuma uncinatum* y *Gracilaria pacifica*. México tiene ingresos por venta de las algas de alrededor de cuatro millones de dólares al año, los principales países de exportación son: Estados Unidos, Japón y Francia, sin embargo, importa cerca de 15 millones de dólares en ficocoloides (Zertuche-González, 1994)

1.10 Principales productos y usos de los derivados de las algas marinas

El tratamiento de cosechas con algas marinas ha crecido con popularidad, lo cual ha conducido al desarrollo de un gran número de productos procesados. Inicialmente las algas marinas fueron comercializadas como productos secos y pulverizados e incorporados directamente al suelo, pero en los últimos años al menos 25 especies de algas marinas se utilizan como bioestimulantes y biofertilizantes mejoradores de suelo y como suplemento para animales (Zemke-White y Ohno, 1999).

Las algas marinas son aplicadas en la agricultura, por lo que se han desarrollado productos procesados a base de las mismas; los cuales se presentan en tres grupos, las harinas que se aplica al suelo o en condiciones de invernadero, extractos líquidos o en polvo y concentrados, utilizados como fertilizantes foliares y en el suelo como mejoradores para la retención de humedad.

1.10.1 Extractos de Algas Marinas

Los resultados que se pueden obtener con el aporte de extractos de algas están estrictamente relacionados con el proceso de la elaboración de los derivados de algas marinas., se ha mencionado que cuando el proceso de elaboración de los derivados de algas marinas es el adecuado, los microorganismos que viven

asociados con ellas permanecen en estado viable y se pueden propagar donde se aplican, incrementando las cantidades de los elementos y de las sustancias que contienen, potenciando su acción de forma totalmente natural (Alvarado, 2015).

Los productos elaborados por medio de distintas especies de algas deshidratadas o partes frescas de ellas, son procesados utilizando diferentes métodos de extracción. Actualmente, existen métodos de extracción que producen un concentrado sin tener que acudir a un tratamiento químico o con calor, el material es sometido a un cambio rápido de presión que rompe los componentes estructurales de las células permitiendo liberar prácticamente todos los reguladores de crecimiento del alga., los extractos en el mercado actual son preparaciones acuosas que varían en color, dependiendo de las especies con las que se trabaje (Zemke-White y Ohno, 1999)., en cambio las harinas son un polvo grueso de la especie de alga seca molida y por lo tanto tienen ciertas cualidades comunes a los extractos líquidos (Bula-Meyer, 2004).

Los extractos de algas no son considerados como fertilizantes, sino clasificados como un producto bioestimulante vegetal, ya que las diluciones con agua durante su preparación (1:1000) no permite que se adicionen cantidades significativas de nutrientes (Briceño-Domínguez, 2011). Los extractos se definen como un producto no nutricional, que promueve el crecimiento de plantas cuando es aplicado en pequeñas cantidades; o bien como potenciadores de crecimiento (Zhang y Schmidt, 1997). Los bioestimulantes no suplen todos los nutrientes en las cantidades necesarias, sin embargo, incrementan la absorción de minerales, logrando un mejor uso de nutrientes; debido a la presencia de hormonas vegetales reguladoras del crecimiento de los cultivos (Briceño-Domínguez, 2011).

Los diversos componentes químicos de los extractos de algas marinas y de sus modos de acción siguen siendo desconocido, pero es posible que estos componentes presenten actividad sinérgica (Vernieri *et al.*, 2005), además se ha demostrado que estos llegan a ser bioactivos en concentraciones bajas (Crouch y Staden, 1993). Esto se debe a que la cantidad de nutrientes esenciales requeridos

por las plantas es más alto, y las concentraciones que suministran las algas marinas con los extractos no cumplen con la definición legal de un fertilizante, por lo tanto, los productos de las algas marinas se comercializan principalmente como bioestimulantes o mejoradores del suelo.

En la aplicación de extractos de algas marinas a los cultivos, una de las principales reacciones enzimáticas que se da es la hidrólisis, por lo tanto la aplicación se considera únicamente en cultivos de riego y buen temporal, ya que sin agua o escasez su actividad es menor. (Canales, 1998).

1.10.1.1 Algas marinas como bioestimulantes

Los bioestimulantes son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y/o crecimiento de los vegetales. Son definidos como productos no nutricionales con los cuales se puede reducir el uso de fertilizantes y aumentar la producción y la resistencia al estrés causado por la temperatura y déficit hídrico (Russo y Berlyn, 1990). Los bioestimulantes no pueden llegar a suplir todos los nutrientes esenciales en las cantidades que una planta requiere, sin embargo, su principal función es incrementar la absorción de minerales por la planta, haciendo más eficaz el uso de los nutrientes en las raíces y hojas.

Otros de los efectos conseguidos por los productos formulados a base de algas marinas como bioestimulantes de las plantas son: adelanto de la germinación de las semillas (El Sheekh, 2000), retrasan la senescencia, reducen la infestación por nematodos (Featonby-Smith y Van Staden, 1983), incrementan la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada *et al.*, 1999).

1.10.1.2 Algas marinas como biofertilizantes

El uso de las algas marinas como biofertilizantes, en la agricultura ha aumentado en los últimos años (Dhargalkar y Pereira, 2005) se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo), el cual se puede aplicar vía foliar o al suelo (Hernández *et al.*, 2014)., directamente como fertilizante en las zonas costeras o próximas a

ellas se utiliza como algas frescas o secas, la aplicación directa se refiere al alga sin procesar y las algas frescas se aplican pronto como estas son obtenidas, se mezcla con la tierra ya sea enteras o cortadas. Es raro que la pequeña cantidad de sal (NaCl) contenida en las algas tenga algún efecto adverso sobre los vegetales, de hecho, algunos cultivos el incremento de sal (NaCl), como a los espárragos les ayuda a su mejor desarrollo (Bula-Meyer, 2004). En cuanto a las algas secas, ya sean estas cortadas, deben de esparcirse lo antes posible en un lugar apropiado y a pleno sol, pues de lo contrario se perderán los nutrientes. La ventaja de las algas secas es que se pueden almacenar y obtener productos derivados de ellas (Bula-Meyer, 2004).

1.10.1.3 Algas marinas como mejoradores de suelo

Los productos a base de algas marinas son considerados como fuentes de enzimas, dando beneficios físicos, químicos y biológicos en su incorporación al suelo, ya que se da un incremento en la actividad bacteriana. Además, parece ser que el uso continuo de abono a partir de algas, hace innecesario la rotación de los cultivos para la conservación de sus propiedades (Surey-Gent y Morris, 1987). Recientemente los extractos de algas marinas tienden a tener más éxito que los fertilizantes químicos ya que son considerados como un producto ecológico que no tiene efectos adversos como los abonos y agroquímicos sintéticos que dañan al ambiente y por ende a las propiedades de los suelos (Thirumaran *et al.*, 2009).

CAPITULO II. EFECTOS DE LAS ALGAS MARINAS SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

En este capítulo se describen, la importancia del uso de las algas marinas y sus derivados en la remediación del suelo, y como actúa en las propiedades del mismo.

El uso de productos orgánicos mejora las condiciones del suelo que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y el sobre-explotación del mismo. Las consecuencias del uso de estos productos de síntesis química, son la pérdida de la materia orgánica, pérdida de fertilidad y por consecuencia de la contaminación del suelo (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Las consecuencias indirectas se ven reflejadas en el daño de la flora y fauna del ambiente adyacente al suelo contaminado (EPA, 1999). Para reducir el impacto que los agroquímicos causan al ambiente, la calidad de la producción agrícola, y obtener productos inocuos, se recomienda un sistema de producción orgánica, que reduzca o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas y reguladores de crecimiento de síntesis química.

El uso de algas marinas y sus derivados, han demostrado beneficios en la calidad del suelo, pues los ayudan al mejoramiento de la fertilidad de este, convirtiéndolo en una de las mejores opciones para la producción orgánica (Canales, 2006).

Los primeros fertilizantes utilizados a base de algas marinas, datan del siglo IV en Europa, en algunos países de continente los utilizaban por su alto contenido de minerales, y como aditivos para suelos ya que estos actúan como acondicionadores del mismo, por su alto contenido en fibra (Cabioch, 1976). Las algas marinas y sus derivados han demostrado que mejoran las propiedades del suelo, no solo físico-químicas, sino también biológicas del suelo (Burns, 1978).

Las algas aplicadas al suelo en estado fresco, secas o en harina, tienen dos funciones principales: 1) como fertilizantes, promueven la salud del suelo ya que liberan nutrientes orgánicos y minerales, y 2) como acondicionador para el suelo, mejorando la aireación y adicionando estabilidad (Metting *et al.*, 1990).

2.1 Beneficios de las algas marinas sobre el suelo

Estudios previos muestran que la aplicación de extractos de algas marinas estimulan la actividad de los microorganismos del suelo, que induce una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta facilitando su absorción, reducen la compactación, aumentan la aireación y capacidad de retención de agua del suelo (Selvaraj *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2009). Por otra parte, las microalgas poseen una capacidad ficorremediadora, que consiste en la eliminación o biotransformación de contaminantes de un medio líquido o gaseoso, estos compuestos contaminantes son captados por la biomasa algal (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

La algas dejan un residuo de cenizas de cinco a seis veces mayor que el que dejan las plantas, al ser incineradas, consecuentemente tienen un mayor metabolismo y por lo tanto más enzimas, razón del porqué al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura se aporta un complejo enzimático extra diverso y cuantioso que efectúa beneficios en el suelo (Canales, 1998). Además se ha reportado que al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas activan en él, reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles que las enzimas que en él habitan e inclusive las raíces no son capaces de hacer en forma notoria, de tal manera que al reaccionar con las arcillas silícias o las arcillas de hidróxidos más arena actúan del compuesto que se encuentra en mayor cantidad en favor del que se encuentra en menor proporción y tiende a llevarlo al equilibrio; o sea, al suelo franco ajustando el pH, también hidroliza enzimáticamente los compuestos no solubles del suelo desmineralizándolo, desintoxicándolo y desalinizándolo (Reyes, 1993).

En los carbonatos libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular las arcillas silícias, descompactando todo, en forma paulatina, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor (Reyes, 1993).

Entre los usos indirectos de las algas se encuentran los residuos del proceso de producción de alginatos, ya que pueden ser utilizados como fertilizantes, puesto

que estos actúan como estabilizador de arcillas y forma agregados en el suelo (Hernández-Carmona *et al.*, 2012). La propiedad de acondicionamiento del suelo por las algas es atribuida al ácido algínico, el cual comprende 1/3 del contenido de los carbohidratos que contiene la planta (Quastel y Webley, 1947). Al descomponerse, estos se hunden en el suelo y fomentan al incremento de las bacterias en este, esta acción acondicionadora del suelo mejora su estructura haciéndolo más particulado y estable y por lo tanto favorece la capacidad del suelo de retener agua (Bula-Meyer, 2004).

Otro beneficio de las algas marinas, es por ejemplo, la del género *Macrocystis intergrifolia*. Bory, con la cual han demostrado que cuando se incorporan a suelos agrícolas en baja proporción aumentan significativamente el nivel de fósforo disponible (Caiozzi *et al.*, 1968).

CAPITULO III. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS ALGAS MARINAS EN LOS CULTIVOS DE INTERES AGRICOLA

En este capítulo se describen los beneficios que tiene la implementación de las algas marinas y/o sus derivados, sobre los vegetales, destacando los compuestos orgánicos e inorgánicos, presentes en las algas marinas, así como su beneficio contra agentes biológicos en los vegetales.

3.1 La importancia de las algas en la agricultura

Actualmente, la producción agrícola presenta una gran evolución en productos y aplicación creciente de fertilizantes y pesticidas a base de síntesis química, por secuela del uso irracional de los mismos, se han visto alteradas las características químicas y física de los suelos, consecuentemente se han contaminado los frutos obtenidos de los cultivos y el medio ambiente, por lo cual es necesario buscar alternativas para la remediación de los suelos mediante una agricultura sustentable que garantice la producción de alimentos sanos.

El uso de las algas marinas y sus derivados representa una buena alternativa., están ganando cada día más amplitud e importancia, ya que en varios estudios se ha comprobado que actúan como vigorizador en el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de ser un mejorador de suelos (Norrie y Keathley, 2005).

3.1.1 Propiedades de las algas marinas en la agricultura

Durante siglos, las zonas agrícolas cercanas a zonas costeras fueron abonadas con algas marinas por ser fuente valiosa de materia orgánica para diversos tipos de suelo y para diferentes cultivos de frutales y hortícolas.

Son muchas y muy variadas las respuestas de los vegetales a la aplicación de las algas marinas y sus derivados sobre estas. Estudios previos han demostrado los efectos benéficos de la aplicación de extractos de algas marinas en vegetales, tales como la germinación temprana, mejoramiento y mayor rendimiento de los cultivos,

incremento de resistencia a factores bióticos y abióticos (Figura 6) (Kombrink y Somssich, 1995).

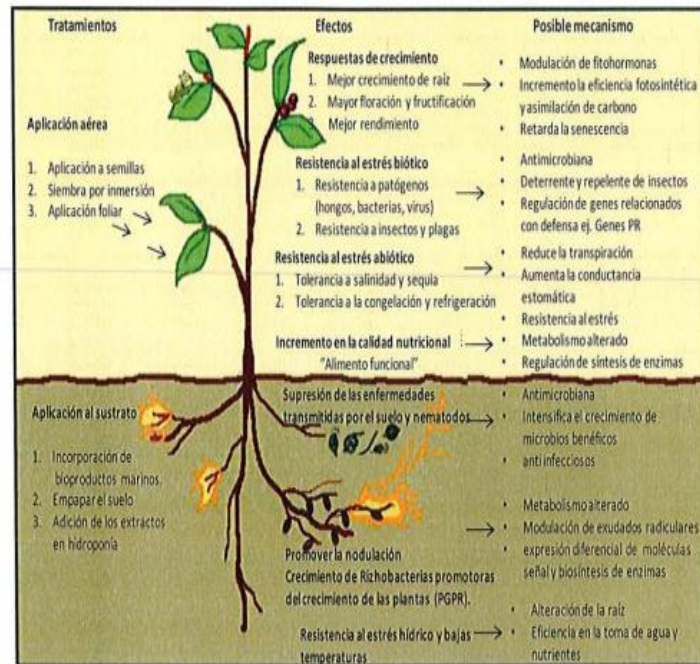


Figura 6. Representación esquemática de los efectos fisiológicos provocados por los productos a base de algas marinas y los posibles mecanismos de bioactividad (Khan *et al.* 2009).

Las algas marinas en los últimos años han demostrado ser muy benéficas en su implementación en los vegetales, se incluyen beneficios tales como: incremento del rendimiento, cambios en la composición del tejido de la planta, alargan la vida del fruto, incrementan la clorofila, aumentan el tamaño de las hojas (Metting *et al.*, 1990), e incrementan el grado de maduración de los frutos (Fornes *et al.*, 2002).

3.2 Compuestos orgánicos presentes en las algas marinas que ayudan al desarrollo de los vegetales

Químicamente las algas son ricas en minerales y carbohidratos y su composición supera mucho más a las de proteínas y grasas (Burkholder *et al.*, 1971). Las algas también incluyen un amplio rango de aminoácidos y vitaminas esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de los vegetales (Bula-Meyer, 2004). Además, existen compuestos bioactivos que pueden influenciar el crecimiento celular, estas son hormonas conocidas como auxinas, giberelinas y citoquininas, estas no solo

actúan en el crecimiento de las plantas, sino que también parecen actuar como catalizadoras para estimular las hormonas de los mismos vegetales (Metting *et al.*, 1990)., los compuestos conocidos que establecen una respuesta fisiológica en bajas dosis son las hormonas y betainas, se les llama “reguladores del crecimiento de plantas” (RCPs), debido a que las tazas de aplicación de algas son relativamente bajas, se ha comprobado que la presencia de RCPs endógenos en productos comerciales juega un papel importante en lo que a beneficios respecta. Las auxinas, las cuales son hormonas elaboradas por los vegetales son conocidas por su efecto en los meristemas de crecimiento, estas tienen presencia en muchas algas marinas. Por otro lado, la presencia de las giberelinas las cuales son hormonas de crecimiento, favorecen la mitosis y el crecimiento en longitud de las células (Bula-Meyer, 2004)., las hormonas citoquininas son importantes en el mejoramiento de las cosechas, ya que estas ayudan en la síntesis de proteínas, la división celular, en la movilización de los nutrientes y la reparación de estos, retardando el envejecimiento e inhibición de las infecciones fúngicas (Metting *et al.*, 1990).

Por otra parte, las algas marinas también presentan una gran variedad de vitaminas B, B2, B12, ácido pantoténico, fólico y folínico, así como la presencia del precursor de la vitamina A, el B-caroteno y otros posibles precursores (Hong *et al.*, 2007).

3.3 Compuestos inorgánicos presentes en las algas marinas que ayudan al desarrollo de los vegetales

Vinogradov en 1953, reportó que “el efecto del uso de algas marinas y/o sus derivados en la agricultura se debe a que contienen macro y microelementos, puesto que se han reportado aproximadamente 56 elementos presentes en las algas marinas”. Los macroelementos identificados en las algas marinas incluyen (C, H, O, K, N, S, P, Ca y Mg) y están presentes generalmente en concentraciones superiores a 1 mg por gramo de peso seco. Así mismo los microelementos identificados en las algas incluyen Fe, Cu, Zn, Mn, Si, I, Br y Na (Booth, 1965).

3.4 Beneficio del uso de algas marinas contra agentes patógenos de los vegetales

Existe cada vez más preocupación cuanto al uso excesivo de los productos fitosanitarios, que dañan al ambiente. Un gran interés está dedicado a la utilización de productos que sus principios estén enfocados en la agricultura de sustento biológico o ecológico, sin embargo, cada vez más personas (científicos y agricultores) piensan que no tiene sentido la presencia de estas limitaciones y/o denominaciones (Ratiba, 1997).

Activar las autodefensas de las plantas está basado en estimular los mecanismos de defensa naturales presentes en las plantas que normalmente están en estado latente, dicho efecto se traduce por el aumento de su capacidad de defenderse contra un espectro de agentes y/o patógenos. La resistencia puede ser específica (relación gen a gen) o no específicas, este tipo de resistencia puede ser inducido por varios agentes, según el origen, bióticos o abióticos, pueden ser bacterias, hongos, entre otros (Ratiba, 1997). Entre los compuestos ya identificados en las algas se cuentan algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).

Lizzi *et al.*, 1998; han demostrado que la aplicación foliar de extractos de algas *Ascophyllum nodosum* reducen significativamente la infección por mildiu en hojas infectadas por *Phytophthora capsici* y *Plasmopara vitivola*.

CAPÍTULO IV. PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS A BASE DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN MÉXICO

En este capítulo se incluyen los principales productos elaborados a base de extractos de algas marinas, enfocados a la conservación de los suelos, y su uso en la producción agrícola en México.

4.1 Algaenzims^{MR}

Algaenzims^{MR} es un extracto de algas marinas hecho en México, el cual es un producto biológico a base de macroalgas marinas y un complejo de microorganismos que en forma natural viven asociadas, especialmente las microalgas Cianophytas y microorganismos halófilos (Canales-López, 2000). Este producto es 100% orgánico, elaborado, a base de extractos viables de algas marinas del género *Sargassum* (Palau Bioquim, 2018).

Entre las funciones del producto es el complejo de elementos que contiene, que actúan como activadores de las acciones de las enzimas que las algas aportan, mismas que se potencian al propagarse los microorganismos vivos (Villarreal, 2003). En el suelo, es un excelente mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas, el efecto cementante estimula la formación de microagregados, una buena estabilidad estructural y propicia la formación de espacio poroso. (Reyes-Ríos, 1993). De los extractos de algas Algaenzims^{MR}, ha separado cuatro grupos de microorganismos a saber: fijadores de nitrógeno, halófilos, hongos y levaduras y mesofílicos (Cuadro 2), mismos que ha logrado propagar, así como su acción y efectos en el suelo y en la planta (Villarreal, 2001).

Grupo Microbiano	UFC/ml de Producto
Mesofílicos	4.90×10^3
Mohos y Levaduras	5.00×10^1
Fijadores de Nitrógeno	2.50×10^4
Halófilos	1.00×10^1

Cuadro 2. Cuantificación de los diferentes grupos de microorganismos presentes en Algaenzims^{MR} (Guerra, 2010; Martínez, 2011).

Al tener interacción positiva entre los microorganismos marinos benéficos, permiten que las poblaciones de halófilos, fijadores de nitrógeno, mohos y levaduras, entre otros, puedan ser aplicadas como inoculantes que incrementan la biodiversidad microbiana del ecosistema suelo y planta. De tal manera, intervienen de forma significativa en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y vigor de las plantas ya que son sintetizadores de compuestos orgánicos tales como los reguladores de crecimiento, aminoácidos, antibióticos, monosacáridos, sustancias carboxílicas, nutrientes, entre otros. Contiene en forma natural, todos los elementos mayores (Cuadro 3). Por estar elaborado mediante una técnica de laboratorio rigurosa, solo Algaenzims^{MR} aporta las enzimas activas y microalgas en estado viable que al propagarse, sintetizan más enzimas, potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Palau Bioquim, 2018).

Compuesto	% peso	Elemento	Ppm (mg/L)	Elemento	Ppm (mg/L)
Acondicionadores	93.84	Potasio	14,800	Cobre	147
Materia Orgánica	4.15	Nitrógeno	14,500	Manganeso	72
Proteína	1.14	Sodio	13,660	silicio	4
Fibra Cruda	0.43	Magnesio	1,320	Molibdeno	< 0.1
Cenizas	0.28	Fosforo	750	Bario	< 0.1
Azúcares	0.13	Calcio	620	Estaño	< 0.1
Grasas	0.03	Zinc	505	Talio	< 0.1
		Hierro	440	Níquel	< 0.1
		Cobalto	275	Antimono	< 0.1

Cuadro 3. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algaenzims^{MR} (Palau Bioquim, 2018).

Se han visto beneficios al utilizar Algaenzims^{MR}, en los cultivos de gramíneas tales como: maíz, sorgo, trigo, arroz, cebada, frijol, soya, garbanzo y algodón, en hortalizas como: en tomate, chile, berenjena, fresa, melón, sandía, pepino zanahoria, nabo, rábano, camote, ajo, cilantro, brócoli y coliflor, en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en la piña, plátano y la piña, así también en pastos y/o forrajes como: alfalfa, zacate de pradera y zacate de jardín (Palau Bioquim, 2018).

4.1.1 Efectos de Algaenzims^{MR} en los suelos

En la agricultura orgánica, así como sustentable, el Algaenzims^{MR} funge como mejorador de suelos incrementando el contenido de materia orgánica y a su vez desalinizando los suelos, mejora la solubilidad de los nutrientes, apoya en la disminución y neutralización del efecto del contenido de sodio y carbonatos en la solución del agua en el suelo, ajusta el pH, mejora la textura, estructura y porosidad del suelo induciendo la descompactación, anulan la acción de compuestos tóxicos que se aplican en el suelo tales como pesticidas, herbicidas y metales pesados. Dando con esto un ahorro de fertilizantes, da más eficiencia en el agua reduciendo los riegos, propicia la labranza cero y la mínima labranza, en su caso (Palau Bioquim, 2018).

Algunos ejemplos de los efectos que tiene Algaenzims^{MR} en el suelo:

- Nicolás (1995), menciona que hay un incremento en la materia orgánica. Al aplicar 2 l/ha de Algaenzims^{MR}, en un experimento hecho en la UNAM con crisantemo, al pasar 120 días los análisis del suelo mostraron un incremento en MO del sitio tratado en 0.53% en 30 cm del perfil (A) del suelo tratado sobre el sitio testigo.
- Reyes (1993), al tratar un suelo compacto arcilloso con Algaenzims^{MR}, en nueve meses que duro el experimento, se encontró que la porosidad se incrementó de 10% a 50%, en cuanto a por ciento (media) de: arcilla, limo y arena, de 55.8, 25.4, 18.8 (testigo) a, 45.5, 37.0, 17.5 (tratado).
- Munguía (2002), reporta que al tratar un suelo arcilloso en cultivos en rotación de trigo y maíz con cobertura de residuos y cero labranzas con Algaenzims^{MR}, se observó un decremento en la compactación de suelo en un 59%.
- Guillen (2011), menciona que al aplicar al suelo 2L Ha-1 del producto Algaenzims^{MR} no manifestó algún cambio sobre el pH (6.7) inicial, a la profundidad de (0.0-0.15) m, sin embargo, en la profundidad (0.0-0.30) m incrementa de 6.3 a pH de 6.4, en 5 meses, encontró que aplicar al suelo 2L

Ha-1 del producto Algaenzims^{MR}, el valor de la conductividad eléctrica, baja de 0.32 dS/m a 0.27 dS/m (0.00-0.15m) y en la profundidad (0.15-0.30m) de 0.28 dS/m a 0.26 dS/m, en 5 meses.

4.1.2 Efectos de Algaenzims^{MR} en los vegetales

En las plantas es un vigorizador de crecimiento y desarrollo, incrementa la resistencia a heladas, sequía y heridas, así como a plagas y enfermedades, también aumenta el contenido de clorofila; las plántulas sufren menos al estrés del trasplante y en los frutos incrementa la vida de anaquel.

Algunos ejemplos de los efectos que tiene Algaenzims^{MR} en los vegetales:

- Lasso, citado por Díaz (2002), menciona que, al aplicar 8 litros de Algaenzims^{MR} al suelo encontró un incremento en el rendimiento del cultivo de trigo (*Triticum vulgare* L).
- Hernandez (2005), con su trabajo concluyo que la aplicación de Algaenzims^{MR}, incrementa el porciento de germinación en semillas de chile ancho (*Capsicum annum* L.).
- Canales (1998), reporta de los estudios hechos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y de las pruebas de campo llevadas a cabo con agricultores cooperantes, han alcanzado rendimientos extras de 1 a 3 toneladas por hectárea de maíz, trigo y arroz los básicos más importantes, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 litros de Algaenzims^{MR}.

4.2 Algaroot^{MR}

Algaroot^{MR} es un estimulante vegetal líquido formulado en base orgánica de extractos vegetales y cuya función, gracias a su contenido de auxinas, giberelinas, citocininas naturales, reforzado con fósforo y ácidos fúlvicos (Cuadro 4), como parte inherente de los extractos de las algas marinas (*Sargassum spp.*), Gobernadora (*Larrea tridentata*) y Agave (*Agave spp.*), además de elementos nutricionales inorgánicos. Este compuesto induce, estimula y acelera el crecimiento de las raíces en la producción de plántulas en charola, almácigo, vivero y de plantas en campo. Algaroot^{MR} está compuesto en un 84.96% de extractos vegetales, derivados de un “pull” orgánico que contiene: fitohormonas, aminoácidos, proteínas, enzimas y ácidos orgánicos. Contiene, además, el medio orgánico de algas marinas, base para la formulación de Algaroot^{MR}, que aporta un complejo natural proteínico (enzimático) y de compuestos bioquímicos naturales que tienen acciones más allá que los que las mismas plantas sintetizan; fortaleciendo así, los mecanismos de defensa y tolerancia al estrés (Palau Bioquim, 2018).

Análisis Garantizado	% P/P
Auxinas	(3,510 ppm) 0.351%
Giberelinas	(112 ppm) 0.0112%
Citocininas	(146 ppm) 0.0146%
Ácido fúlvico	1.15%
Fósforo (P ₂ O ₅)	4.08%

Cuadro 4. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algaroot^{MR} (Palau Bioquim, 2018).

Se han visto beneficios al utilizar Algaroot^{MR}, en los cultivos de hortalizas tales como: tomate, chile, coliflor, fresas, lechugas, melón, sandias, brócolis, zanahorias, calabaza, frijol, en hortalizas de tubérculos, rizomas y cormos como: en la papa, camotes, caña, lirios, iris y gladiolas, en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en el nogal, manzano, cirulo, durazno, guayaba, plátano, limón, naranjo y en la vid, así también en cultivos ornamentales como: árboles, arbustos, palmeras, helechos, trepadoras, ficus, petunias y cactus (Palau Bioquim, 2018).

4.2.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Algaroot^{MR}

El Algaroot^{MR} es un mejorador de crecimiento y desarrollo del sistema radicular, generando raíces más grandes y fibrosas, lo que conlleva a mejorar la absorción de nutrientes y una mejor distribución interna de los mismos; además las plantas obtienen mayor capacidad de adaptación en el medio ambiente, esto debido al balance hormonal y nutrimental del producto.

Algunos ejemplos de los efectos que tiene Algaroot^{MR} en los vegetales:

- Reyes *et al.*, (2012), en el trabajo realizado para el incremento de “hijuelos” de rizoma en *Agave tequilana* (Wever var. Azul), se realizó un estudio y evaluación sobre la aplicación a la base de la piña y al suelo de Algaroot^{MR} más Algaenzims^{MR}, con tres tratamientos que consistieron en: tratamiento 1 (testigo), tratamiento 2 (mezcla de 1 L/ha de Algaenzims^{MR} más 1 L/ha de Algaroot^{MR}) y tratamiento 3 (2 L/hectárea de Algaenzims^{MR}). Las plantas contaban con una edad de 3 años, doce meses después se realizó la evaluación al experimento. Las plantas testigo presentaron 2 o 3 hijuelos, el tratamiento 3 con Algaenzims^{MR} aplicado de forma individual fueron registrados 4 o 5 hijuelos y el tratamiento 2 con Algaenzims^{MR} más Algaroot^{MR} mostro el mayor número de hijuelos de 7 a 8.
- Cadenas-Vásquez (2006), evaluó semillas de 2 ecotipos de Chile; Bolita y Japonés y 4 Tratamientos de inmersión a la semilla durante 48 hrs. con: agua (testigo), Algaroot^{MR} 0.05%, GA3 a 5000 ppm y Algaroot^{MR} al 0.05% + GA3 5000 ppm, y 4 repeticiones por tratamiento. Se evaluó, porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco de raíz y follaje. Los resultados obtenidos muestran que el mejor tratamiento fue la mezcla de Algaroot^{MR}0.05% + GA3 a 5000 ppm donde se obtuvo una germinación de 53.5%, el diámetro de tallo y la generación de hojas verdaderas el mejor tratamiento fue Algaroot^{MR}0.05% y la combinación de Algaroot^{MR}+ GA3 incrementó la altura de la planta, biomasa y materia seca y en general produjo las plantas con mejores características para trasplante.

4.3 Turboenzims^{MR}

Es un complejo nutrimental de aplicación al suelo formulado a partir de extractos de algas marinas y plantas desérticas, estas son ricas en promotores de crecimiento (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido salicílico, betamina, entre otros), y además con adiciones de macroelementos tales como el Nitrógeno, Potasio y Fósforo(Cuadro 5) (Palau Bioquim, 2018).

Análisis Garantizado	% P/P
Auxinas	(492 ppm) 0.0492%
Giberelinas	(201 ppm) 0.0201%
Citocininas	(498 ppm) 0.0498%
Ácido fúlvico	0.10%
Fósforo (P2O5)	16.00%
Nitrógeno (N2)	4.00%
Potasio (K2O)	7.00%

Cuadro 5. Composición del extracto concentrado de algas marinas Turboenzims^{MR} (Palau Bioquim, 2018).

Algunos de los beneficios al utilizar Turboenzims^{MR}, en los cultivos son por ejemplo en hortalizas tales como: tomate, tomatillo, zanahoria, nabo, rábano, cebolla, ajos, chile, melón, sandías, pepino, calabaza y berenjena, en hortalizas de tubérculos, como en la papa y camote, en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en el aguacate, mango, mamey, guayabo, piña, litchi y en el papayo, así también en cultivos básicos como: maíz, trigo, cebada, avena, algodón, frijol, haba, chícharo, cártamo, soya, ejote y garbanza, y en pastos/forrajes tales como: alfalfa, trébol y otros pastos de corte periódico (Palau Bioquim, 2018).

4.3.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Turboenzims^{MR}

Al utilizar Turboenzims^{MR} los beneficios son: mayor rapidez en la brotación vegetativa, más biomasa, aparte de fortalecer los mecanismos de desarrollo y resistencia de las plantas, amentando la disponibilidad de nutrimentos del suelo de esta forma favorece el crecimiento vegetativo, activa los sistemas biológicos que

requieren energía para la construcción y mantenimiento de nuevas células, acelerando las reacciones bioquímicas (Palau Bioquim, 2018).

Algunos ejemplos de los efectos que tiene Turboenzims^{MR} en los vegetales:

- Alcalco (2010), estudios realizados demostraron que al aplicar una dosis de 0.5 ml/Lt de Turboenzims^{MR}, existe un mayor crecimiento tanto de raíces como en tallos en plantas de tomate, melón y sandía.
- Pantoja-Guerra (2012), al utilizar Turboenzims^{MR}, en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.), para evaluar su crecimiento bajo condiciones de campo abierto, con un sistema de riego por goteo, en el cual a través de tres tratamientos que consistieron de concentraciones con Turboenzims^{MR}, más un testigo, y cuyos resultados obtenidos en los tratamientos utilizando Turboenzims^{MR} mostraron mejores resultados que el testigo.

4.4 Cuajaenzims^{MR}

Cujaenzims^{MR} es un regulador de crecimiento de aplicación foliar, diseñado para mejorar y fortalecer en condiciones normales de desarrollo del cultivo, compuesto de auxinas, giberelinas y las citocininas provenientes de las algas marinas y extractos de plantas desérticas, junto con los elementos integrados (Cuadro 6). Promueve el amarre de más flores y frutos, manteniendo a los compuestos inhibidores de crecimiento como él (ácido abscisico y el etileno) en niveles bajos, además, fortalece la actividad enzimática, el ahorro de energía y la síntesis de proteínas, aun cuando las temperatura sean extremas (Palau Bioquim, 2018).

Análisis Garantizado	% P/P
Auxinas	(671 ppm) 0.0671%
Giberelinas	(216 ppm) 0.0216%
Citocininas	(320 ppm) 0.0320%
Ácido fúlvico	2.15%
Fósforo (P2O5)	1.50%
Nitrógeno (N2)	4.00%
Potasio (K2O)	7.80%
Calcio (Ca)	1.70%
Magnesio(Mg)	0.01%
Boro(B)	0.31%
Molibdeno (Mo)	0.51%

Cuadro 6. Composición del extracto concentrado de algas marinas Cuajaenzims^{MR}. (Palau Bioquim, 2018).

Los cultivos han mostrado beneficios al utilizar Cuajaenzims^{MR}., en hortalizas tales como: chile, melón, sandía, pepino, fresas y tomate, en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en el durazno, manzano, pera, la vid, café, guayabo y papaya, así también en cultivos de gramíneas tales como: maíz, trigo, cebada, avena y sorgo (Palau Bioquim, 2018).

4.4.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Cuajaenzims^{MR}

Entre los beneficios al utilizar Cuajaenzims^{MR} se pueden encontrar un mayor amarre de flores y frutos, aumenta los niveles hormonales, manteniendo en niveles

bajos los compuestos inhibidores y de abscisión, reforzar los sistemas enzimáticos de las plantas, estimula la elongación y división celular en segmentos de tallos, promueve el crecimiento, induce a la diferenciación del xilema, retrasa la abscisión de hojas y aumenta la resistencia al estrés (Palau Bioquim, 2018).

Ejemplo de los efectos que tiene Cuajaenzims^{MR} en los vegetales:

- Pérez-Vázquez (2010), al utilizar Cuajaenzims^{MR} en el cultivo del jitomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, en donde se obtuvo mayor crecimiento con el uso de este bioestimulante

4.5 Frutoenzims^{MR}

Es un regulador de crecimiento natural de aplicación foliar, elaborado con extractos de algas marinas, plantas desérticas, N, P, K, Ca, Mg, S, B y Mo, con un refuerzo de citocininas (Cuadro 7), que en conjunto incrementa el tamaño homogéneo de los frutos, dando así, como resultado el aumento en la calidad de la fruta con altos rendimientos y mayor vida de anaquel (Palau Bioquim, 2018).

Análisis Garantizado	% P/P
Auxinas	(5811 ppm) 0.05811%
Giberelinas	(184 ppm) 0.0184%
Citocininas	(2,496 ppm) 0.2496%
Ácido fúlvico	1.00%
Fósforo (P2O5)	1.50%
Nitrógeno (N2)	3.00%
Potasio (K2O)	7.50%
Calcio (Ca)	0.10%
Magnesio(Mg)	0.20%
Boro(B)	0.31%
Molibdeno (Mo)	0.52%

Cuadro 7. Composición del extracto concentrado de algas marinas Frutoenzims^{MR} (Palau Bioquim, 2018).

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Frutoenzims^{MR}, en hortalizas tales como: chile, tomatillo, berenjena, calabacita, melón, sandía, cebolla y tomate,

en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en el durazno, manzano, pera, ciruelo y papaya (Palau Bioquim, 2018).

4.5.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Frutoenzims^{MR}

Entre los beneficios que tiene el utilizar el producto de Frutoenzims^{MR} se encuentran: frutos con crecimiento uniforme, frutos más grandes, mejor calidad de fruta, mayor división celular, ayuda a la formación de órganos, liberación de la dominancia apical, prevención de la senescencia, movilización de los nutrimentos, mejora la germinación, aumenta el peso de los frutos e incrementa la vida de anaquel (Palau Bioquim, 2018).

Ejemplo de los efectos que tiene Frutoenzims^{MR} en los vegetales:

- Pérez-Vázquez (2010), al utilizar Frutoenzims^{MR} en el cultivo del jitomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, en donde el bioestimulante Frutoenzims^{MR} mostro los valores más altos de producción total comercial con 38.5 Ton/ha.

4.6 Vitalex®

Es un fertilizante foliar orgánico que está compuesto en forma natural con algas marinas y pescado hidrolizado, proporciona todos los elementos mayores y menores (Cuadro 8). El extracto de algas marinas aporta en forma natural citocininas, auxinas, betaínas y oligosacáridos, los cuales en forma conjunta incrementan el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética (Sagal, 2018).

Garantía de Composición	
Materia orgánica algal	45 g/L
Proteínas	15 g/L
Fibra cruda	5.8 g/L
Azucares	1.2 g/L
Grasas	0.4 g/L
Nitrógeno (N)	80 g/L
Fósforo (P2O5)	80 g/L
Potasio (K2O)	80 g/L
Hierro (Fe)	550 mg/L
Zinc (Zn)	450 mg/L
Manganeso (Mn)	160 mg/L
Cobalto (Co)	10 mg/L
Molibdeno (Mo)	120 mg/L
Magnesio (Mg)	540 mg/L
Boro (B)	150 mg/L
Calcio (Ca)	100 mg/L
Cobre (Cu)	60 mg/L

Cuadro 8. Composición del extracto concentrado de algas marinas Vitalex® (Sagal, 2018).

Los cultivos han mostrado beneficios al utilizar Vitalex®, en hortalizas tales como: papa, zanahoria, perejil, acelga, lechuga, brócoli, coliflor, tomate, apio, repollo, chile, cebolla, espinaca, fresa, rábano, betabel, ajo, cilantro, nabo y esparrago, cucurbitáceas como: pepino, melón y sandía, frutales como: durazno, papaya, aguacate, mamey, plátano, mango, guayaba, granada, pera, nogal, zapote, café, manzana y cítricos en general, gramíneas tales como: avena, sorgo, cebada, trigo, caña de azúcar y maíz, leguminosas como: alfalfa, garbanzo, frijol, cacahuate,

chícharo y haba, y oleaginosas tales como: cártamo, higuera, ajonjolí y girasol (Sagal, 2018).

4.6.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Vitalex®

Favorece la tolerancia contra estreses específicos, por un lado, las citocininas estimulan la síntesis de proteínas, ayudan en la división y alargamiento celular, las auxinas controlan la dominancia apical, las betaínas son compuestos que ayudan a mantener el equilibrio del agua celular, estimulan los procesos de la planta y los oligosacáridos, de esta manera promoviendo el crecimiento sano de las plantas. Por la interacción positiva entre los elementos, favorecen la mejora en la madurez de la fruta, un desarrollo más vigoroso de las raíces y una mejor tolerancia contra el estrés (Sagal, 2018).

4. 7 AgroKelp®

Este biofertilizante es realizado con la bacteria “*Ascophyllum nodosum*”, y este es un fertilizante orgánico que contiene todos los nutrientes mayores y menores que las plantas necesitan (Cuadro 9). Por ser un concentrado de algas marinas tiene un gran contenido de elementos traza, fitohormonas y oligosacáridos (Albiomar, 2018).

Análisis Garantizado por Litro	
Ingredientes Activos	
Azufre	0.24%
Boro	0.0088%
Calcio	0.0175%
Cobre	0.0001%
Fierro	0.0005%
Fosforo	0.0053%
Magnesio	0.0023%
Manganeso	0.0001%
Nitrógeno	0.0256%
Potasio	0.0013%
Zinc	0.0012%
Carbohidratos	1.09%
Materia Orgánica	2.87%
Ingredientes Inertes	95.73%
Total	100%

Cuadro 9. Composición del extracto concentrado de algas marinas AgroKelp® (Albiomar, 2016).

Los cultivos han mostrado beneficios al utilizar AgroKelp®, en hortalizas tales como: chile, brócoli, tomatillo, sandía y tomate, y en gramíneas como: trigo, arroz, maíz, sorgo cebada, etc. (Albiomar, 2016).

4.7.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando AgroKelp®

Entre los beneficios que tiene el utilizar el producto de AgroKelp® se encuentran: estimulación de la germinación de la semilla por el contenido de auxinas, sus hormonas hacen fluir los carbohidratos para procesos de fijación de nitrógeno, ayuda a la planta en sus cambios fisiológicos principales, estimula el metabolismo

de la planta mejorando su vitalidad, productividad, resistencia al estrés, estimula, regula el crecimiento y la división celular en las plantas. Intensifica el potencial genético e incrementa el rendimiento y calidad de los cultivos, multiplica la resistencia a la tensión de la planta, lo cual conduce a producciones más fuertes y saludables, produce una rápida traslocación de los nutrientes a las partes de mayor necesidad de la planta, debido a la presencia de elicitores, propicia mayor resistencia a las plantas de las enfermedades, heladas, sequias y plagas (Albiomar, 2016).

Ejemplo de los efectos que tiene AgroKelp® en los vegetales:

- Sánchez-García (2007), en el cultivo del chile jalapeño dulce se evaluaron 5 tratamientos, 4 tratamientos con AgroKelp® a diferentes concentraciones y un testigo, los resultados mostraron mayores beneficios en los tratamientos utilizados con AgroKelp®, los parámetros evaluados fueron: altura, clorofila total, área foliar, peso seco, longitud de raíz, peso seco y volumétrico de raíz.

4.8 Algamar®

Algamar® es un nutriente 100% orgánico con base en extractos de algas marinas, es el único que contiene tres especies distintas de algas marinas: *Sargassum* rica en ácido alginico. *Laminaria* rica en micronutrientes. *Ascophyllum nodosum* rica en hormonas naturales y materia orgánica (Sagal, 2018).

Composición	% Peso
Materia orgánica algal	82.54%
Ácido alginico	5.00%
Nitrógeno Total	3.00%
Fosforo (P2O5)	0.10%
Potasio (K2O)	5.30%
Calcio	0.40%
Azufre	3.50%
Magnesio (Mg SO4)	0.15%
Fierro	25.0 ppm
Boro	30.0 ppm
Cobre	2.0 ppm
Botáinas	3.0 ppm
Promotores de crecimiento naturales	100%

Cuadro 10. Composición del extracto concentrado de algas marinas Algamar® (Sagal, 2018).

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Algamar®, son frutales como: manzana, pera y cítricos, hortalizas como; zanahoria, tomates, cebollas, nabos, brócoli, coliflor, col, melón, gramíneas como el maíz, entre otros (Sagal, 2018).

4.8.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Algamar®

La especial composición de Algamar®, proporciona una reserva natural de nutrientes, aminoácidos y carbohidratos, que incrementan el rendimiento, calidad y vigor de los cultivos (Sagal, 2018).

4.9 Kelpro^{MR}

Kelpro^{MR} es un fertilizante orgánico que se aplica en sistemas de riego, siendo su principal función operar como un fertilizante foliar, ya que este contiene los macronutrientes y micronutrientes (Cuadro 11), minerales ya quelatados de forma natural con Manitol. El principal aporte de Kelpro^{MR} es el Potasio que contiene ya que es altamente asimilable y de alta calidad, ya que está asociado a moléculas orgánicas (Tecniprosesos biológicos, 2016).

CONTENIDO	
MINERALES	
Nitrógeno	450 ppm
Fósforo	650 ppm
Potasio	1%
Calcio	429 ppm
Magnesio	406 ppm
Fierro	270 ppm
Zinc	30 ppm
Manganeso	0.01 ppm
Cobre	0.19 ppm
Boro	45 ppm
ORGANICOS	
Materia Orgánica	0.80%

Cuadro 11. Composición del extracto concentrado de algas marinas Kelpro^{MR}

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Kelpro^{MR}, son hortalizas como: tomate, fresa, calabaza, pepino, melón, sandía, chile, cebolla, lechuga y brócoli (Tecniprosesos biológicos, 2016).

4.9.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Kelpro^{MR}

El uso de este biofertilizante incrementa la producción (rendimientos de producción), fomenta una buena floración y buen amarre de fruto, mejora la calidad del fruto con lo cual promueve un crecimiento sano (Tecniprosesos biológicos, 2016).

4.10 Kelprosoil®

Kelprosoil® es un bioestimulante y promotor de crecimiento, sus ingredientes activos son los oligosacaridos (laminaran y manitol), los cuales son azucares de reserva en las algas marinas y en las plantas terrestres funcionan como promotores de la germinación, autodefensa y el de estimular reacciones enzimáticas que promueven el crecimiento. Las Fitohormonas como auxinas, citocinas y ácidos giberelicos, también están presentes en el extracto. Kelprosoil® es un extracto 100 % del alga marina *Macrocystis pyrifera*, la cual es cosechada en las costas de Baja California y procesada en estado fresco (Productos del Pacifico, 2018).

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Kelprosoil®, son hortalizas como: tomate, lechuga, alcachofa, pimiento, cebolla, zanahoria, melón, rábano y repollo, cultivos forrajeros y gramíneas tales como: maíz, trigo y arroz (Productos del Pacifico, 2018).

4.10.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Kelprosoil®

Entre los beneficios que tiene el utilizar el producto de Kelprosoil® se encuentran: mejorar la germinación de la semilla e incrementar el desarrollo de la raíz, incrementa la cantidad de flores así como el tamaño de la flor y fruto, incrementa y estabiliza la clorofila en la planta, lo que resulta en hojas más verdes e incrementa el contenido de azúcar en las mismas, alivia el estrés causado en las plantas por temperaturas extremas, incrementa el vigor en las planta (lo que se traduce en una mayor resistencia a las enfermedades, ataques de insectos, sequía y escarcha), incrementa la presencia de microorganismos en la tierra, los cuales fijan el nitrógeno del aire, incrementa la toma de minerales de la tierra hacia la planta, favorece la vida de anaquel de las fruta y vegetal, retardando la perdida de proteína, clorofila y RNA, retarda el proceso de senectud en la planta, incrementando la temporada de producción y muchos de los elementos traza contenidos en el alga tienen funciones regulatorias importantes cuando son aplicadas a la tierra y plantas, y en los animales y humanos que consumen las plantas (Productos del Pacifico, 2018).

4.11 Seaweed®

Es un extracto concentrado que actúa como nutriente vegetal orgánico el cual es obtenido de la macroalga *Macrocystis pyrifera*, esta es cosechada fresca de aguas frías del Océano Pacífico. Actúa como una fuente, de promotores de crecimiento u hormonas, macro y micro nutrientes quelatados, aminoácidos y oligosacáridos, encontrados naturalmente en el alga. Contiene fitohormonas tales como auxinas, citoquininas y giberelinas que estimulan el crecimiento. Seaweed® además está compuesto naturalmente de “elicitores” como es el caso de Laminarian, oligosacárido complejo, entre otros compuestos, que estimulan la generación de fitoalexinas, sustancias que inducen el mecanismo de defensa natural de las plantas para contrarrestar el daño causado por fitopatógenos y plagas (Algas Marinas, 2018).

4.11.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Seaweed®

Uno de los principales beneficios que da usar Seaweed®, es la de vencer o superar los problemas relacionados con el estrés, por sus beneficios que otorga a los cultivos como resistencia al frío, a la sequía, al exceso de agua y altas temperaturas, en semillas: incrementa la germinación de las semillas, favorece el establecimiento del cultivo, da mayor masa radicular favoreciendo la toma de nutrientes y agua, incrementa la floración, fructificación resultando en mejores cosechas aplicado previo a estas fases de desarrollo, favorece el aumento en rendimiento, calidad de la cosecha además de mayor vida de anaquel, debido a el estímulo en la síntesis de fitoalexinas que actúan en la defensa de la planta, incrementando la resistencia a enfermedades, plagas y al estrés subsecuente (Algas Marinas, 2018).

4. 12 Kelprolizer®

Kelprolizer® es un Fertilizante orgánico que cuenta con: soluble de pescado, extracto de algas de la especie *Macrocystis spp.*, ácidos humitos y fuente orgánica natural de NPK(Productos del Pacífico, 2018).

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Kelprolizer®, son hortalizas como: tomates, brócoli, melón, lechuga, uvas, fresas, gramíneas como el maíz, etc. (Productos del Pacífico, 2018).

4. 13 NPKelp®

Es un biofertilizante obtenido a partir de dos algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Gelidiaceae gelidium*, compuesto de macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de los vegetales (Cuadro 12) (Algapacific, 2018).

Garantía de Composición	% P/V
Materia orgánica algal	3.49
Nitrógeno	0.147
Fósforo	0.008
Potasio	0.077
Zinc	0.00013
Manganeso	0.0136
INERTES	96.24117

Cuadro 12. Composición del extracto concentrado de algas marinas NPKelp®

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar NPKelp®, en hortalizas tales como: tomate, chile, pepino, espárragos y jitomate, también se ha comprobado su eficacia en cultivos frutales como: manzana, uva, mangos y aguacate, en cereales tales como: maíz, trigo y sorgo y leguminosas como el frijol (Algapacific, 2018).

4.13.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando NPKelp®

La principal función de NPKelp® es promover el crecimiento de las plantas, dar vigor y reducir el estrés de las mismas, potencializa la asimilación de nutrientes de manera efectiva, promoviendo el crecimiento de las plantas, desde el inicio de la siembra hasta la cosecha. Además, contiene ficocoloides (gomas marinas), propios de las algas, considerados como acondicionadores del suelo por su retención de humedad, ayudando con esto a disminuir el volumen de agua en el riego (Algapacific, 2018).

4. 14 Kelproot®

Kelproot® es un mejorador de suelos a base de extracto de algas marinas (*Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum*) y extracto de planta terrestre (*Yucca schidigera*). Cuenta con un alto porcentaje de materia orgánica algal del 3.5%, así como una gran variedad de macro y micronutrientes (Cuadro 13) (Algapacific, 2018).

Composición Garantizada	
Materia Orgánica	3.5
Nitrógeno (%PV)	0.8105
Fosforo (%PV)	0.12
Potasio (%PV)	1.68
Magnesio (%PV)	0.013
Boro (%PV)	0.00223
Zinc (%PV)	0.00022
Inertes (%PV)	93.87405
Total	100

Cuadro 13. Composición del extracto concentrado de algas marinas Kelproot®

Los cultivos que han mostrado beneficios al utilizar Kelproot®, en hortalizas tales como: tomate, chile, pepino y jitomate (Algapacific, 2018).

4.14.1 Funciones fisiológicas en los vegetales y en las propiedades del suelo aplicando Kelproot®

Kelproot® ayuda a promover el enraizamiento de las plantas y a mejorar los suelos, ya que modifica las condiciones del mismo, permitiendo que el agua y el aire penetren con mayor facilidad a la zona radicular, mejorando la asimilación de nutrientes. Uno de los principales resultados en su aplicación es el desarrollo de pelos absorbentes. La mezcla de este producto da como resultado una alta cantidad de macro y micro elementos, así como una mezcla de ficocoloides (gomos) agregados por las algas marinas rojas y pardas, consideradas como

acondicionadores de suelos por su capacidad de retención de humedad y absorción de minerales en el suelo (Algapacific, 2018).

4.15 Alzinc^b

Es un biofertilizante de aplicación foliar que contiene reguladores de crecimiento de origen marino como auxinas, giberelinas, citocininas, además de elementos nutricionales como el zinc y boro (Cuadro 14), los cuales participan como cofactores enzimáticos en una gran cantidad de procesos metabólicos que a la vez operan conjuntamente entre sí auxiliando los procesos de floración. Este biofertilizante es elaborado con algas marinas del género *Sargasum spp.*, gobernadora (*Larrea tridentata*) y agave (*Agave spp.*). (Palau Bioquim, 2018).

Análisis Garantizado	% P/P
Auxinas	(492 ppm) 0.0492%
Giberelinas	(201 ppm) 0.0201%
Citocininas	(498 ppm) 0.0298%
Zinc	10.00%
Boro	0.50%

Cuadro 14. Composición del extracto concentrado de algas marinas Alzinc^b (Palau Bioquim, 2018).

4.15.1 Efectos de Alzinc^b en los vegetales

Es un biofertilizante de aplicación foliar, contiene reguladores de crecimiento, al igual que elementos nutricionales como zinc y boro, mismos que participan en una gran cantidad de procesos metabólicos que a su vez operan entre sí, auxiliando los procesos de floración principalmente (Vazquez-Cruz, 2012). Activa los sistemas enzimáticos, siendo estos controladores de los procesos metabólicos de las células, aumentando la eficiencia y dinámica de la digestibilidad de la nutrición, propiciando así, la disponibilidad de compuestos esenciales que intervienen de forma directa en la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de las plantas (Palau Bioquim, 2018).

Ejemplo de los efectos que tiene Alzinc^b en los vegetales:

- Vazquez-Cruz (2012), realizo una investigación en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), con la aplicación de fertirriego con Alzinc^b, en donde utilizo tres dosis del mismo y un testigo, en cuanto a las aplicaciones foliares de Alzinc^b, resultaron mejores cuando estas aumentaban sus concentraciones.

4.16 Maxicrop®

Maxicrop®, es un complejo de micronutrientes con bioestimilantes diseñado especialmente para fertirrigación, aunque también puede ser utilizado para aplicación foliar, el cual es producido con extractos del alga *Ascophyllum nodosum*, una de las especies más explotadas de algas cafés (Blunden *et al.*, 1997). Se producen los extractos de esta alga mediante hidrólisis alcalina con hidróxidos o carbonatos, ya sea de sodio o de potasio, principalmente porque estos reactivos son permitidos en la normatividad de producción orgánica (Briceño-Domínguez, 2011).

Composición	% Peso
Materia orgánica	9.7
Nitrógeno Total	1.1
Fosforo (P2O5)	0.91
Potasio (K2O)	2.73
Fierro (Fe SO4)	0.61
Magnesio (Mg SO4)	0.41
Molibdeno (NH4)6Mo7O24)	0.02
Zinc (Zn SO4)	0.07
Diluyentes	84.45

Cuadro 15. Composición del extracto concentrado de algas marinas Maxicrop® (Agrhusa, 2018).

Se han visto beneficios al utilizar Maxicrop®, en los cultivos tales como: zacates (alfalfa), frutales (aguacate), gramíneas (maíz y sorgo) y zacates (alfalfa) y hortalizas (Agrhusa, 2018).

4.16.1 Efectos de Maxicrop® en los vegetales

El balance entre los micronutrientes contenidos obedece a la composición media encontrada en los principales cultivos agrícolas, así como al boro y molibdeno en forma mineral. La quelación de los micronutrientes contenidos asegura una mayor estabilidad de sus componentes en la solución del suelo y una mayor eficiencia en su asimilación tanto en aplicación al suelo como en la aplicación foliar (Agrhusa, 2018).

Algunos de los beneficios que tiene Maxicrop® en su uso son: promueve la floración prematura de plantas que han alcanzado un grado de desarrollo adecuado, cuando se presenta aborto de frutos jóvenes debido a deficiencias en la polinización; incrementa el "agarre" o amarre del fruto, el fruto puede presentar una ausencia parcial o completa de semillas, incrementa los rendimientos de muchos cultivos hortícolas como tomate, chile, pepino y otros particularmente la vid, disminuyendo el aborto de flores y frutos jóvenes y acelerando el crecimiento de los mismos, inhibe la formación de raíces en esquejes y aumenta el desarrollo vegetativo, después de cada corte (Agrhusa, 2018).

Ejemplo de los efectos que tiene Maxicrop® en los vegetales:

- Steveni *et al.*, (1992) obtuvo resultados de una aplicación del extracto comercial "Maxicrop®" para un cultivo hidropónico de cebada, durante 6 semanas. Se incorporaron dos tratamientos, uno en la solución hidropónica y otra asperjada en las plantas. Encontraron que sin importar el modo de aplicación las plantas tratadas con Maxicrop® crecieron más rápido que plantas control. Las plantas con extracto incorporado a la solución mostraron un incremento de 56-63% sobre el control. En el tratamiento de extracto asperjado, el efecto fue menos pronunciado, incrementando 35-38% más que el control.

4. 17 Stimplex®

Es un bioestimulante a base de algas marinas, derivado de extracto de *Ascophyllum nodosum*, para ser aplicado al cultivo en un programa nutritivo balanceado diseñado para maximizar la producción de frutas de calidad, hortalizas, cultivos no alimenticios y ornamentales (Anasac, 2012).

Los cultivos han mostrado beneficios al utilizar Stimplex®, en hortalizas tales como: espárrago, leguminosas, zanahoria, cebolla, ajo, brócoli, coliflor, col de bruselas, maíz , apio, pepinillo, berenjena, pimiento, melón, zapallo, lechuga, perejil, espinaca, ají, papa y tomate. , en cultivos frutales (perenes y caducifolios) en pomáceas, vid, cítricos, carozos, kiwi, olivo, berries, granados, también en cultivos ornamentales como: rosas, claveles y crisantemos, así como en cultivos de gramíneas y pastos como: alfalfa y pastos, arroz, soya, remolacha, sorgo, trigo (Anasac, 2012).

4.17.1 Funciones fisiológicas en los vegetales aplicando Stimplex®

Este producto cuenta con múltiples beneficios aplicado a los vegetales, tales como: ayuda a la planta a la obtención de mayor número de tallos, brotes, yemas y hojas, promueve mayor número de ramas jóvenes, obteniéndose mayor número de yemas, al incrementar el número de yemas florales se consigue un mayor cantidad de flores, lo que permite cosechar un mayor número de frutos, así de esta manera obteniendo un mayor número de flores permite tener un mayor número de frutos, al aumentar la traslocación (fotosintatos) permite un mejor soporte de la planta y mayor número de frutos cuajados, actúa como un rejuvenecedor y activador de tejidos, aumentando la producción de fotosintatos y llenado de frutos, bloquea la producción excesiva de etileno, lo que permite alargar el período de llenado y cosecha esto aumenta el rendimiento de la cosecha y mejora la calidad del producto cosechado y en frutos climatéricos (suculentos) aumenta la vida post cosecha (Anasac, 2012).

Ejemplo de los efectos que tiene Stimplex® en los vegetales:

- Preciado-Cortés (2016), realizó un trabajo con el cultivo del maíz forrajero, utilizando Stimplex® combinado con “Acadian suelo” contra un testigo, en donde la combinación de Stimplex® con “Acadian suelo”, obtuvo un mayor rendimiento en la producción por hectárea comparado con el testigo.

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN

El uso de agroquímicos utilizados en la agricultura, influye negativamente en los sistemas ecológicos donde estos son aplicados, en el ecosistema del suelo, afecta su calidad, por presencia y acumulación de residuos, afectando a los microorganismos y su actividad, mismos que son de importancia para la fertilidad y producción de cultivos, sumado al deterioro en la calidad del aire por volatilización de sustancias activas. Constituye un factor de riesgo para la salud humana, ya sea por contaminación de agua, mediante inhalación, ingesta, o por la exposición crónica a través del consumo de alimentos contaminados. Por esta razón, la elección del tipo de sistema de producción agrícola es importante, y debe realizarse en base a factores biológicos, técnicos, ambientales y económicos (Rodríguez-Ortega y Orellana-Gallego, 2008). Una de las alternativas más viables para aminorar los daños ocasionados al ambiente por el uso de agroquímicos, es el uso de productos orgánicos elaborados a base de algas marinas, tienen mejores propiedades que los fertilizantes químicos, por su alto contenido en macroelementos y microelementos (trazas en algunos casos), además de 27 sustancias naturales cuyo efecto es similar a los reguladores del crecimiento de las plantas, así como vitaminas, carbohidratos, proteínas y sustancias biocidas que actúan contra algunas enfermedades (Crouch y Van Staden, 1993), no generan semillas de malezas, incrementando los rendimientos de los cultivos y acentuando la conservación de las propiedades del suelo.

Una particularidad de los compuestos de origen marino, como lo son las algas, es que sus estructuras únicas no son encontradas en medios terrestres, esto debido a que los ecosistemas marinos poseen condiciones ambientales variables que permiten una gran diversidad biológica y una variedad de compuestos novedosos (Maschek & Baker, 2008). Esto ha repercutido su uso en muchos países con la creación de productos tales como los biofertilizantes, bioestimulantes que están cubriendo espacios donde los productos de síntesis químico causaban estragos en el ambiente, para generar un incremento en los rendimientos de los cultivos.

En México, las algas marinas pueden ser consideradas como un recurso económico local por lo largo de sus costas, puesto que estas especies están disponibles en gran abundancia, y representan un gran potencial para su eventual explotación comercial, ya sea como: bioestimulante, biofertilizantes, mejoradores de suelo, entre otros usos en la agricultura. En estudios previos en el país se ha enfatizado en la importancia de los extractos de algas y su uso, con resultados significativos como por ejemplo: para mejorar la germinación de las semillas, incrementar el rendimiento de las plantas, la productividad de los cultivos, así como la conservación del suelo. Sin embargo, como se menciona en SAGARPA en el 2012, solo hay 14 productos comerciales elaborados a base de biomasa algal en el país, por lo que aún falta mucho por aprovechar estos recursos. De los catorce productos que se realizan en México siete son utilizados como bioestimulantes (AgroKelp®, Algamar®, Cuajaenzims^{MR}, Frutoenzims^{MR}, Kelpro^{MR}, Kelprosoil® y Seaweed®), cinco como biofertilizantes (AgroKelp®, Algaenzims^{MR}, Kelprolizer®, NPKelp® y Vitalex®), dos como mejoradores de raíces (Algaroot^{MR} y Kelproot®), y uno como mejorador metabólico (Turboenzims^{MR}) (Hernández-Herrera *et al.*, 2018).

Las especies más representativas en México para la elaboración de productos son *Sargassum spp.*, con la cual se hacen productos tales como: Algaenzims^{MR}, Algamar®, Algaroot^{MR}, Cuajaenzims^{MR}, Frutoenzims^{MR} y Turboenzims^{MR}, otra especie de importancia es *Macrocystis pyrifera* con la cual se realizan productos como: AgroKelp®, Algamar®, Kelpro^{MR}, Kelprolizer®, Kelproot®, Kelprosoil® , NPKelp® y la especie *Ascophyllum nodosum* con el cual se elaboran productos como Algamar® (Hernández-Herrera *et al.*, 2018).

En la realización de los productos elaborados a base de algas marinas influye mucho su composición química para el determinado uso que se le quiere dar, por ejemplo, los productos de Algaroot^{MR} y Kelproot® los cuales son utilizados para el crecimiento de las raíces, tienen una presencia muy alta en los niveles de auxinas y citocininas en sus extractos, puesto que estas fitohormonas realizan estos efectos en el crecimiento de las raíces en las plantas (Crouch y Van-Staden, 1992), ya que

las auxinas ayudan al desarrollo de los meristemos de crecimiento, y las citocininas ayudan a la división celular (Metting *et al.*, 1990).

Productos tales como: Kelpro^{MR}, Vitalex®, Cuajaenzims^{MR}, Turboenzims^{MR}, Algamar® y NPKelp®, contienen grandes cantidades de macronutrientes (Nitrógeno, Potasio y Fosforó), lo cual hace que los cultivos incrementen su rendimiento, la calidad, su vigor, entre muchos otros beneficios en los vegetales tratados con estos productos. Por otra parte, productos tales como: Kelproot® y Algaenzims^{MR}, fungen como mejoradores de suelos, incrementando el contenido de materia orgánica y a su vez desalinizando los suelos, mejora la solubilidad de los nutrientes, apoya en la disminución y neutralización del efecto del contenido de sodio y carbonatos en la solución del agua en el suelo, ajusta el pH, mejora la textura, estructura y porosidad induciendo la descompactación, anulan la acción de compuestos tóxicos que se aplican en el suelo tales como pesticidas, herbicidas y metales pesados.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

La agricultura está en una etapa de importantes cambios, los productos naturales van a jugar un papel importante de ahora en adelante, la investigación sobre nuevos productos agrícolas a base de productos orgánicos debe aumentar su competitividad. Las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los productos de síntesis químico por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sostenible.

En México se encuentran extensos litorales, donde proliferan una gran cantidad de especies de algas, que aún no se han aprovechado en el mercado nacional, sin embargo, cada vez hay más estudios en el país sobre el tema, por ejemplo, en el campo de la agricultura, cada vez son más las empresas que elaboran productos con estas especies, pero aún falta mucho para poder ampliar el rango de posibilidades para su uso.

En la conservación de los suelos, las algas marinas y/o sus derivados mejoran las propiedades de este, incrementan el contenido de materia orgánica, cuentan con una gran cantidad de compuestos con los cuales se mejora la textura del suelo, ajusta el pH, favorece la producción de poros, moviliza los nutrimentos del suelo, propicia la desalinización, desmineraliza los suelos y los desintoxica, dando con esto un ahorro de fertilizantes, da más eficiencia en el agua reduciendo los riegos, propicia la labranza cero y la mínima labranza, en su caso.

Por otra parte, las algas marinas presentan un recurso natural de enorme importancia en la agricultura, por tener un alto contenido de nutrientes y sustancias naturales, cuyos efectos son similares a los reguladores del crecimiento vegetal, refuerzan a las plantas en su sistema inmunitario y alimentario, así también activan sus funciones fisiológicas, lográndose plantas más sanas, con mejor nutrición y más vigorosas, lo que lleva a los cultivos a incrementar sus rendimientos y tener una mejor calidad de las cosechas,

ABREVIATURAS

% P/P: hace referencia al porcentaje peso de soluto/peso de una solución.

% PV: porcentaje de peso sobre volumen.

Ppm: partes por millón.

GLOSARIO

Agricultura: Conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el hombre, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales (como verduras, frutos, granos y pastos) para la alimentación del ser humano y del ganado.

Agroquímico: Son sustancias químicas empleadas en el campo de la agronomía por distintos fines relacionados a la producción y extensión de cultivos de diversa índole. El empleo de Agroquímicos se debe a la finalidad de mejorar la eficiencia y rendimiento en la labor de la explotación agrícola, aumentando el crecimiento de los productos agrícolas.

Alginato: Es un polisacárido aniónico presente ampliamente en las paredes celulares de las algas marinas pardas. También es producido por algunas especies bacterianas. Estas sustancias corresponden a polímeros orgánicos derivados del ácido alginico. El alginato utilizado como aditivo alimentario es alginato sódico.

Betaina: Es un nutriente no esencial y una fuente de ácido clorhídrico, un químico que se origina naturalmente en el estómago que descompone las grasas y las proteínas. Es necesario para el metabolismo (absorción) de proteínas, calcio, vitamina B12 y hierro.

Bioestimulante: Son sustancias que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de mejorar su metabolismo.

Biofertilizante: Son insumos formulados con uno o varios microorganismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos.

Biogeoquímicos: Término que deriva del griego bio, vida, geo, tierra y química, se refiere al movimiento de los elementos de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio, carbono y otros elementos entre los seres vivos y el ambiente (atmósfera, biomasa y sistemas acuáticos) mediante una serie de procesos: producción y descomposición.

Carragenina: Es un hidrocoloide ampliamente utilizado en la industria de alimentos, principalmente por su capacidad para formar geles y proveer de textura a los productos

Cormos: Es un tallo engrosado subterráneo, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas. Está recubierto por capas de hojas secas, a modo de túnicas superpuestas.

Elicitores: Son moléculas capaces de inducir cualquier tipo de defensa en la planta y son producidos por agentes estresantes bióticos y abióticos. Se puede decir que la aplicación de un elicitor actúa en la planta con el mismo principio de la vacunación; se activa el metabolismo de la planta y se hace más resistente en posteriores ataques que generan estrés.

Enzima: Son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas.

Extracto: Sustancia muy concentrada que se obtiene de una planta, semilla u otra cosa por diversos procedimientos.

Fertirriego: Consiste en la aplicación de fertilizantes sólidos (diluidos) o líquidos en los cultivos por los sistemas de riego presurizados o por goteo.

Ficocoloides: Polímeros naturales, químicamente denominados polisacáridos derivados de las algas marinas, que son ampliamente utilizados en casi todas las

industrias debido a sus características físico-químicas, las cuales les confieren singularidad y versatilidad en sus aplicaciones y en las formulaciones de diferentes productos.

Fitoalexinas: Son compuestos antimicrobianos que se acumulan en algunas plantas en altas concentraciones, después de infecciones bacterianas o fúngicas y ayudan a limitar la dispersión del patógeno. Tienen varias características interesantes: Se sintetizan muy rápido, en pocas horas después del ataque microbiano.

Fito hormonas: Son sustancias que producen las células vegetales. También son conocidas como hormonas vegetales y su funcionamiento es similar que las hormonas de los animales. Estas hormonas tienen como función principal la regulación de la fisiología de la planta y para ello se producen en determinados sitios estratégicos de la planta.

Floculación: Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Herbicidas: Producto de síntesis químico que permite destruir las hierbas indeseadas. Se trata de un plaguicida cuya acción suele concentrarse en las hormonas de las plantas para impedir que los ejemplares crezcan.

Hidropónico: Es un tipo de cultivo donde las plantas crecen sin necesidad de suelo agrícola, simplemente con agua y disoluciones minerales.

Macroelementos: Son aquellos que son esenciales para la vida, es decir, debe ser en cantidades satisfactorias en la planta para que pueda desarrollar una vida sana, potasio (K), fósforo (P) y nitrógeno (N), estos se consideran macroelementos para las plantas.

Microelementos: Son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en cantidades menores, incluyéndose en este grupo el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y boro (B).

Oligoelementos: Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades es indispensable para las funciones fisiológicas; p. ej., el cinc y el aluminio, y tanto su ausencia como su exceso puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser patológicos.

Pesticidas: Son sustancias destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de algunos seres vivos considerados como plaga.

Protista: Clasificación de los organismos eucariotas que está compuesta por microorganismos unicelulares en su mayoría, así como pluricelulares, y que, aunque no comparten gran cantidad de similitudes, se agrupan en un mismo reino por no encajar en otros.

Vegetal: De las plantas o relacionado con ellas (sinónimo de planta).

LITERATURA CITADA

Acalco J. A. D. 2010. Efectividad de TURBOENZIMSMR en el crecimiento de raíz y tallo, de plántulas de tomate, melón y sandía. Tesis de Licenciatura, U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Agrhusa, 2018 S.A de C.V. Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://esh30.esoft.com.mx/Sistema/include/Archivos/30/34/Documentos/PD303420113103958123.pdf>. Revisado 22-10-18

Aguilera N. 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.

Albiomar S.A. de C,V. 2016. Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://>

Algapacific S.A de C.V. 2018.Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://algapacific.com/wp-content/uploads/2014/09/hojatecnica-npkelp.pdf>
Revisado: 17-10-2018

Alvarado. H. M., 2015.Efecto de bioestimulante enzimático a base de algas marinas sobre el desarrollo de caña de azúcar en renovación, Guatemala. Pp: 17

Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Abril, 2001. IICA.

Amézquita E.; Thomas R.J.; Rao I.M.; Molina D.L.; Hoyos P. 2004.Use of deeprooted tropical pastures to build-up an arable layer through improved soil properties of an oxisol in the eastern plains (Llanos Orientales) of Colombia. Agriculture Ecosystems and Environment 103 (2004) 269–277.

Anasac S.A. de C.V. 2012.Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://www.anasac.cl/agropecuario/wp-content/uploads/Etiqueta-Stimplex.pdf>.
Revisado 18-10-18. Revisado: 17-10-2018.

Astier Calderón, Marta, Maass Moreno, Manuel, Etchevers Barra, Jose, 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrocienca. Fecha de consulta: 15-09-18. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236511>.

Audesirk, T., y Audesirk, G. (1997). Biología. Ed. Prentice Hall, 2a . ed. México,. Pp 441 – 442.

Bautista Cruz A.; Etchevers Barra J.; Del Castillo R.F.; Gutiérrez C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13 (2): 90-97. Mayo 2004.

Blunden, G. 1973. Effects of Liquid Seaweed Extracts as Fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.

Blunden G., T. Jenkins y. Liu. 1997. Enhanced leaf chlorophyll levels in plant treated with seaweed extract. J. Appl. Phycol. 8:535-543.

Booth E (1965). The manurial value of seaweed. Bot Mar 8: 138-143.

Bornemisza E., 1982. Introducción a la Química de Suelos, Universidad de Costa Rica, San José , Costa Rica, Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Monografía no. 25 p. 21-47.

Briceño-Domínguez R. 2011. Producción y Evaluación de Extractor Líquidos Obtenidos a Partir del Alga Gigante *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh, Como Estimulantes del Crecimiento Vegetal. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 86pp.

Bula-Meyer, G (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial de *Sargassum* flotante en la producción de fertilizante en el archipiélago de San Andrés y providencia, Colombia, Rev Intropica 1:91-103.

Burkholder, P. R., L. M. Burkholder y L. R. Almodovar. 1971. Nutritive constitutes of some Caribbean marine algae. *Bot. Marina*, 14: 132-136.

Burns, R. G. 1978. *Soil Enzymes*. Ed. R. G. Burns. Academic Press, London, New York, San Francisco (1978).

Cadenas-Vásquez, J. P. 2006. El Algarroot^{MR} en la Producción de Planta de Chile Piquin (*Capsicum annum* var. *aviculare* Dierb). Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.

Caiozzi, M., Peirano, P. Rauch, E. and Zunino, H. 1968. Effect of seaweed on the levels of available phosphorus and nitrogen in a calcareous soil. *Agronomy Journal*, 60: 324-326.

Cabioch J. 1976. Utilization des Algues. *Skol-Vreiz*, 45: 20-24.

Canales López, B. 1998. Algas-Enzimas: Posibilidades de su uso para Estimular la Producción Agrícola y mejorar los suelos. In: *Memorias. 3er. Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica*. Guadalajara, Jal., México. Nov. 1998. p.1-1.

Canales-López, B. (2000). Enzimas-algas de uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Palau Bioquim, S.A de C.V. Vol.17. Pp: 273
Disponible en:

Canales, L. B. 2006. Evento técnico: Agricultura Orgánica Aplicada. Unidad Académica Multidisciplinaria- Mante UAM- Mante Centro- UAT. C. A. Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Palaubioquim, S.A. de C.V.

Chopin T, Sawhney M. (2009). Seaweeds and their mariculture. In: Steele, JH, Thorpe SA, Turekian KK (Eds.), *The Encyclopedia of Ocean Sciences*. Elsevier, Oxford, Pp 4477- 4487.

Craigie J., S. MacKinnon y J. Walter. 2007. Liquid seaweed extracts identified using ¹H NMR profiles. *J. Appl. Phycol.* 22(4):489–494

Cronquist, A. (1992). Introducción a la botánica. Ed. CECSA, 2a ed. México., pp. 129- 299. Crossley,

Crouch and J. Van Staden 1992.Evidence of the Presence of Plant Growth Regulators in Commercial Seaweed Products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. Printed in Netherlands

Crouch I. J. y Van Staden J. 1993.Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Plant Growth Regulator. 13: 21-29.

Curtis, H. (1991). Biología. Ed. Panamericana. 4a ed. New York, E. U. A., pp. 497-522.

Dexter A.R. and Czyż E.A., 2000. Effects of soil management on the dispersibility of clay in a sandy soil. Int. Agrophysics, 14, 269-272.

Dhargalkar, V. K. and Pereira, N. 2005. Seaweed: promising plant of the millennium. Science Cult. 71:60-66.

Domínguez-Céspedes H. D., 2016. Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del vichada. Universidad de Caldas. Pp: 20.

El-Sheekh M. M. y El-Saied A. E. F. 2000. Effect of crude seaweed extracts on seed germination, seedling growth and some metabolic processes of *Vicia faba* L. Cytobios 101: 378 - 382.

EPPA. 1999. Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas. Quinta edición. Environmental Protection Agency. EEUU. Pp: 252.

FAO (1979). A provisional methodology for soil degradation assessment, Roma, Italia

Featonby-Smith B. C. y Vanstaden J. 1983.The effects of seaweeds concentrate on growth of tomato plants in nematode-infected soil. *Scientia Horticulture* 20: 137-146

Florentino, A. 1989. Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de la Colonia Agrícola de Turén (Edo. Portuguesa). Su incidencia agronómica. UCV. Facultad de Agronomía. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencias del Suelo. 207 p.

Fornes F., Sánchez. Perales M. y Guardiola J. L. 2002.Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and Navelina orange. *Botanica Marina* 45: 486 - 489.

Garcés-Jaramillo, S. 2010. Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: análisis de tres agroecosistemas (uno agroecológico, uno convencional y uno mixto) en Carchi y Esmeraldas a través de indicadores multidimensionales. FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES FLACSO – SEDE ECUADOR. Pp 9:18

Gary D. 2001.Tillage and soil compaction. *Conservation Agriculture. A Worldwide Challenge*, Pp: 281-191

Guillen C. R. A., 2011. Evaluación de Alganezims MR, Algaroot MR, Turboenzims MR, Quitaflor y Mayor el Cultivo de Papa *Solanum tuberosum* L. Variedad Norteña. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Guerra, E.N.E. 2010. Modificaciones edáficas en suelos modelo (caolinita, fosforita y piedra caliza) por ALGAENZIMSMR y algunas de sus fracciones microbianas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. Pp: 144.

González-Nivia, J. (2014). Efecto del uso y ocupación en las propiedades físicas y químicas en un suelo del piedemonte llanero. 15-October-2018, de Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y

Agrícola Bogotá, Colombia Sitio web:
<http://bdigital.unal.edu.co/46801/1/51627124.2014.pdf>

Hammer, M. J., (1996). Water and Wastesater Technology. Ed. Prentice Hall, 4a ed., New York, E. U. A., pp 52–54.

Hawkins, P. R., y Griffiths, D. J. (1993). Artificial destratification of small tropical reservoir: effects upon the phytoplankton. Hidrobiología, 254:169-181.

Hernández-Carmona G., Y. Rodríguez-Montesinos D. Arvizu-Higuera, R. Reyes-Tisnado, I. Murillo-Álvarez y M. Muñoz-Ochoa. 2012. Avances tecnológicos en la producción de alginatos en México. Ingeniería Investigación y Tecnología, 13:2. 155-168.

Hernández-Herrera R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, D. R. Briceño-Domínguez, D. A. Di Filippo-Herrera and G. Hernández-Carmona. 2018. Seaweeds as Potential Plant Growth Stimulants for Agriculture in Mexico. Hidrobiológica. Vol 28 (1). Pp: 130-131.

Hernández, H. R. M.; Santacruz, R. F.; Ruiz, L. M. A.; Norrie, J. and Hernández, C. G. 2014.Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). J. Appl. Phycol. 26(1):619-628.

Hernández-Pérez, A. y I. Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. Revista de Biología Marina y Oceanografía, Vol. 49. Pp: 157-160.

Hong DD, Hien HM, Son PN. (2007).Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. J Appl Phycol 19:817-826

IFOAM, 2012. Los principios de la Agricultura Orgánica (Fecha de consulta, Octubre del 2018). Disponible en <https://www.ifoam.bio/es/ifoam-oi-spanish>

Khan, W.; Rayirath, U. P.; Subramanian, S.; Jithesh, M. N.; Rayorath, P.; Hodges, D. M.; Critchley, A. T.; Craigie, J. S.; Norrie, J. and Prithiviraj, B. 2009.

Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Reg.* 28(4):386-399.

Kluger, R. 1984. Themechanistic bases of enzymecatalist. *Enzymechemistry*. Ed. Coling J. Sucking, Chapman and Hall, London, New York.

Kuwada K. T., Ishii I., Matsushita I., Matsumoto, and Kadoya K. 1999. Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity on trifoliolate orange roots *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 68:321-326.

Kombrink E, Somssich, E. (1995). Defense responses of plant to pathogens. *Adv Bot Res* 21: 1-34

Lizzi, Y., C., Coulomb y C. Polian. 1998. Seaweed and Mildew: What Does the Future Hold? *The defense of plant.* 508: 29-30

Quastel, J. H. y D. M. Webley. 1947. The effects of addition to soil of alginic acid and of other forms of organic matter on soil aeration. *J. Agric. Sci.* 37: 257-266.

Máquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Garcia-Hernández, J-L., Rodriguez-Dimas, N., Preciado-Rangel, P., Moreno-Resendez, A., Salazar-Sosa, E. Castañeda-Gaytán, G., De La cruz Lázaro, e. 2010. *Agricultura Orgánica: El caso de México.* Pp: 1-28. Disponible en: http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/3PERSONA_L_ACADEMICO/9.1-LIBROS/9.1.2-LINEA%20MANEJO%20SUST.%20AGUA-SUELO/Libro%20de%20agricultura%20organica%20TERCERA%20PARTE%202010.pdf

Martinez, V. (2002). Biofertilizacion y produccion agricola sostenible. Restos y Perspectivas. XIII Congreso Científico del INCA Programa y Resúmenes. La Habana.

Martínez, P.E.D. 2011. Modificaciones edáficas en suelos modelo (arena, arena más aluminio y arena más fierro) por ALGAENZIMSMR y algunas de sus fracciones

microbianas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. Pp: 127.

Maschek, J. A. & B. J. Baker. 2008. Chemical of algal secondary metabolism, 1-20. En: Amsler C. D. (Ed.). Algal Chemical Ecology. Springer, Berlin. 313 p.

Meeting, B., W. J. Zimmerman, I. Crouch y J. Van Staden. 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. En: Introduction to Applied Phycology (Ed. por I. Akatsuka), pp 589-627. SPB Academic Publishing, The Hague.

Metting B, Zimerman WJ, Crouch I and Van staden J. 1991. Agronomic uses of seaweed and microalgae. In: Akatuska I (ed) Introduction to applied phycology, pp. 269-307. The ague, Netherlands: SPB Academic publishing bv.

Meier, F. 1942. Useful alage. Smithsonian Rep, 3667:401-452.

Montenegro, H. y D. Malagon. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Col. IGAC. 813 p.

Murguía L. I. 2002. Experimentos con aplicación de algaenzims, labranza cero y reducción de fertilizantes en maíz y trigo en rotación. Patrocinado por CIQA.

Nieto-Garibay, A., B. Murillo-Amador., E. Troyo-Diéguéz., J. A. Larriaga-Mayoral., J. L. García-Hernandez. 2002. Uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chime (*Capsicum annum* L.), en zonas áridas. Pp: 418-421.

Nicolás, Eloy Nahum. 1995. Evaluación de Extractos de Algas Marinas en el Cultivo de Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* cv. Indianapolis). Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlan Izcalli, Edo. De México, México.

Norrie J. 2005. Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. En: <http://terralia.com/revista15/pagina26.htm>. Consultado el 15 de agosto del 2018.

Norrie, J., and J. P. Keathley. 2005. Benefits of Ascophyllum nodosum marine plant extract application to Thompson seedless grape production. (Proceedings of the Xth I

International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). Acta Hortic. 727(1):243-248.

Ortega, M. M. 1987. Doce años de Ecología en México (1971-1983). In: Gómez Aguirre, S. y V. Arenas Fuentes (Eds.). Contribuciones en hidrobiología. Memoria de la Reunión Alejandro Villalobos (24 al 26 de octubre de 1983). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 155-186.

Osorio-Tafall, B. F. 1946. Anotaciones sobre algunos aspectos de la hidrobiología Mexicana. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 7:139-165.

Osorio-Soto, G. 2008. Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. Ciencia UANL, enero-marzo, XI, 001. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Pp: 77

Páez, ML; Fernández N; Rodríguez Parisca OS. 1992. Conservación de suelos y aguas. Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía. p. 1-25.

Palau Bioquim S.A. de C.V. 2018. Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://www.palubioquim.com.mx/>. Revisado 15-10-18.

Pantoja-Guerra, O. M., 2012. Fertirrigación a través de goteo y bioestimulación enzimática en pepino (*Cucumis sativus* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5651/T19391%20PANTOJA%20GUERRA,%20OSCAR%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Pelczar, M., Reid, R., y Chan, E. C. S (1982). Microbiología. Ed. Mc Graw Hill, 2a ed. México, Pp. 288-308.

Pérez-Vázquez, M. R. 2010. Efecto de productos orgánicos en fructificación de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill), bajo condiciones de invernadero 2008. Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.

Preciado-Cortés, B. G. 2016. “Evaluación del efecto de Acadian Suelo y Stimplex sobre rendimiento de maíz forrajero de primavera en la Comarca Lagunera”. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coahuila, México.

Productos del Pacífico S.A de C, V. 2018. Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://propasa.com.mx/porrevisar/kelprosoilesp3.html>. Productos del pacífico S.A de C.V. Revisado 16-10-18.

Ramírez-Carvajal, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Bogotá, Colombia.: Convenio Fenalce. Pp: 12:16.

Ratiba M., 1997. Eds. Agrotécnicas, S.L. CIF B80194590. Inscrita en el R. Mercantil de Madrid, Tomo 1997, Folio 160, Hoja M35672.

Reyes Ríos, D. M., 1993. Efecto de Algas Marinas y Ácidos Húmicos en un suelo Arcilloso y otro Arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

Reyes et al., 2012. Efecto de Algaenzims y Algaroot en Agave tequilana (Weber Var. Azul) en Irapuato, Guanajuato. División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato.

Rodríguez-Ortega, W., y Orellana-Gallego, R. 2008. Utilización de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plántulas de acelga y lechuga. O.B. ACTAF Universidad de Ciego de Ávila. Pp: 39-40

Rucks, L; Garcia, F; Kaplán, A; Ponce de León, J y Hill, M. 2004. Propiedades Físicas del Suelo, FACULTAD DE AGRONOMIA UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA. Pag: 2.

Russo RO, Berlyn GP. (1990). The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. J Sustainable Agríe 1: 19-42.

Sagal S.A de C.V. 2018.Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/2278_28.htm. Revisado 18-10-18.

SAGARPA. (2012). Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo para la Pesquería de Macroalgas en Baja California, México. DOF. 30 de noviembre de 2012.

Sánchez-García, E. M. 2007. Evaluación de diferentes dosis de biopreparado a base de algas marinas en plantas de chile jalapeño dulce bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Cd. Obregón, Sonora, México.

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.

Schloter, M., Dilly, O., & Munch, J.C. (2003). Indicators for evaluating soil quality. Agriculture, Ecosystems & Environment, 98, 255-262.

Soto G. 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba, Costa Rica. Pp: 17

Stephenson W. 1974. Seaweed in Agriculture and Horticulture. Bargyla and Gylver Rateaver, California, 241 Pp.

Steveni C., J. Norrington-Davies y S. Hankins.1992. Effect of seaweed concentrate on hydroponically grown spring barley. J. Appl. Phycol. 4:173-180

Sumner. 2000. M.E. Handbook of Soil Science. CRC Press. USA

Surey-Gent, S. y G. Morris. 1987. Seaweed: A User's Guide. Whitter Books Ltd, London. 160 pp.

Tecniprosesos biológicos, 2016. S. A de C.V. Portal de Internet de la Empresa. Disponible en: <http://kelpro.com.mx/index.html>. Revisado 17-10-18.

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 J. Agron. 2(2):57-66.

Vazquez-Cruz, C. A. 2012. Efecto de Alzincb en el Crecimiento y Producción del Cultivo del Maíz (*Zea mayz* L.) en Interacción con el Fertirriego y el AcolchonadoPlástico. Tesis. UAAAN. Saltillo, México. Pp: 20

Vemieri P, Borghesi E, Ferrante A, Magnani G. (2005). Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. J Food Agríc Environ 3:86-88

Villarreal S. J. A., 2003. Búsqueda del principio activo del extracto de algas marinas AlgaEnzimsMR. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas.

Ville, E. P., Solomon, E. P., Martín, C. E., Martín, D. E., Martín, D. W., Berg, L. R., y Davis, P. W. (1992). Biología. Ed. Interamericana – McGraw Hill. 2a ed. México, pp. 523- 543.

Vinogradov AP., (1953). The elementary chemical composition of marine organisms. Trau Lab Biogeochem URSS 4:5-9

Wetzel, R.G. 1981. Limnología. Omega. 14: 259 - 319.

Zavala-Cruz J., Palma-López D.R., López-Castañeda A., Shirma-Tórres E. 2011. Degradación y conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX. Villahermosa, Tabasco, México. Pp: 7-8.

Zarate, Z. R y Ramírez G. M. E. 2004. Metodología estadística para la interpretación de datos sobre degradación de la tierra. Universidad Autónoma de Chapingo-UACH. Chapingo, Estado de México, México. Pp 120

Zemke-White WL, Ohno M., (1999). World seaweed utilisation: an end-of-century summary. J Appl Phycol 11:369-376

Zertuche-González, J. A. 1994. Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en México. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California Apdo. Postal #453. Ensenada, B.C. México.

Zhang X. y R. Schmidt. 1997. The impact of growth regulators on the α -tocopherol status in water-stressed *Poa pratensis* L. Int Turfgrass Res J 8: 1364- 1373.

Zodape S., A. Gupta, S. Bhandari, R. Rawat, D. Chaudhary, K. Eswaran y J. Chikara. 2011. Foliar application of Seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Journal of Scientific & Industrial Research. Vol.70. 215-219