

Algas y Microalgas en Sistemas Agrícolas



**Laboratorios A-L de México SA de CV.
Guadalajara, 2024.**

Contenido

- 1.Generalidades.
2. Simbiosis y Parasitismo.
- 3.Macroalgas pluricelulares.
4. Las Microalgas.
5. Macrocystis y Gelidium.
6. Aplicaciones agrícolas.
7. Biofertilizantes de algas y pescado.
8. Precauciones.
9. El impacto ambiental.
10. Quienes somos.



En la portada: "Recolectores de Algas".
Óleo sobre lienzo de Claude-Émile Schuffenecker.

1.Generalidades.

Un alga es un organismo con capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica y obtener el carbono orgánico con la energía de la luz del Sol. En esto se diferencia de una embriofita o planta terrestre. Las algas casi siempre viven en un medio acuático, en general en ambientes marinos. Algún alga por excepción colonizó la superficie terrestre, pero no de la forma espectacular en que lo hicieron las embriofitas. El estudio científico de las algas se llama ficología. Se usa también, pero menos, algología, un término híbrido construido con una raíz latina (alga) y otra griega (logos); se presta además a confusión con la ciencia homónima del dolor, que es una especialidad médica. La historia de la ficología está ligada a la historia de la botánica general. Ya en la antigua Grecia se utilizaba el término "phykos" (que significa planta marina) para designar algas. De esta denominación se deriva el nombre latino "fucus".

En la definición moderna del término se consideran solo organismos eucariotas. Esto incluye a las algas verdes (que se suelen clasificar entre las plantas), las algas pardas (que son protistas), las algas rojas (que se pueden clasificar entre las plantas o entre los protistas según el criterio que se tome) y varios grupos de protistas unicelulares o coloniales que forman parte del fitoplancton algunos expertos ubican las algas en el grupo de las plantas inferiores, otros autores (como la bióloga Lynn Margulis en su teoría de la simbiogénesis) sitúan estos organismos entre los protistas. Es decir, no los consideran ni plantas, ni animales ni hongos. No obstante, algunas especies son reconocidas además como plantas en una de sus circunscripciones más modernas (las algas verdes, las algas rojas y las glaucófitas, que son los grupos de algas más emparentados con las plantas terrestres.

Con respecto a sus modos de nutrición, no todas las algas son exclusivamente autótrofas, hay algas que además de realizar fotosíntesis pueden alimentarse de forma heterótrofa (son mixótrofas). La función ecológica más conocida de las algas es la producción primaria: son los principales productores de materia orgánica a partir de la inorgánica en el mar y de esta manera la materia orgánica ingresa a las cadenas tróficas. Este paso puede producirse por el consumo de algas, la absorción de nutrientes disueltos de origen vegetal por otros organismos, o por la descomposición de estas. Hay algas en todos los ambientes acuáticos donde existe luz, tanto de agua dulce como de agua salada, o en el plancton. Se encuentran también en ambientes terrestres húmedos, como es el caso de las que crecen en suelos, en muros, en cortezas de árboles, etc. Muchas algas son unicelulares microscópicas, otras son coloniales y algunas han desarrollado anatomías complejas, incluso con tejidos diferenciados, como ocurre en las algas pardas. Las más grandes, miembros del grupo anterior, forman cuerpos laminares de decenas de metros de longitud, como las que se encuentran en el mar de los Sargazos.

Para su clasificación taxonómica, además del tipo de pigmentos, plastos y otras características, se emplea el número de membranas de sus cloroplastos: dos, tres o cuatro. Tienen un papel fundamental para el entendimiento de los modelos endosimbióticos. A diferencia de las plantas, las algas no tienen verdadera raíz, tallo, hojas o tejido vascular y su forma de reproducción es simple. La coloración de las algas es muy variada y depende de los pigmentos presentes en los plastos. Así pues, la clorofila es de color verde, la ficoeritrina roja, la fucoxantina parda, el caroteno naranja, la ficocianina azul y la zeaxantina amarilla. Se distribuyen generalmente en el mar, en aguas superficiales y también en la superficie terrestre. Se conocen unas 50.000 especies de algas, constituyendo un tercio de la biomasa de vegetales del planeta.



2. Simbiosis y parasitismo.

Son notables las algas que forman asociaciones simbióticas con organismos heterótrofos. Este es el caso de las que forman líquenes en asociación con hongos. También el de los simbiontes unicelulares que se encuentran en muchos animales marinos, sobre todo moluscos y corales. Distintas algas aparecen formando importantes simbiosis metabólicas. Se trata de asociaciones mutualísticas en las que organismos con metabolismos distintos se asocian, beneficiándose mutuamente de sus respectivas habilidades. Por ejemplo los líquenes, que son asociaciones simbióticas de un alga y un hongo con capacidad foto-sintetizadora, conferida por el alga. Se desarrollan en ambientes subaéreos (terrestres) biológicamente inhóspitos, como las rocas desnudas y las cortezas de los árboles. Tienen gran importancia como organismos ecológicamente pioneros, capaces de colonizar ambientes previamente estériles. Hay dos grupos de algas implicadas en las simbiosis liquénicas, las cianobacterias y, más comúnmente, las algas verdes. Simbiosis con animales: existen también muchos ejemplos de animales acuáticos que guardan algas unicelulares en sus tejidos superficiales, dentro de sus células o entre ellas. Sacan ventaja de la fotosíntesis a la vez que proporcionan al alga un ambiente muy constante y favorable para su crecimiento. Se llama zooxantelas y zooclorelas a estas algas, según que sean doradas o verdes. Las primeras son en general dinoflagelados, sobre todo del género *Symbiodinium*; las segundas son algas verdes. El grupo biológico donde este fenómeno es más importante es el de los corales (Cnidaria. Anthozoa) , que -ecológicamente- se comportan como productores primarios

fotosintetizadores, gracias a esta simbiosis. También son notables todas las simbiosis equivalentes que se encuentra en moluscos nudibranchios. Algo parecido se observa en protistas como los ciliados *Mesodinium rubrum*, oceánico, o *Strombidium viride*, una especie de agua dulce que conserva las algas verdes unicelulares que fagocita mucho tiempo antes de digerirlas. Estos organismos representan un modelo de cómo se originaron los plastos por endosimbiosis. Los helechos acuáticos, como el género *Azolla*, albergan en simbiosis en sus cavidades estomáticas cianobacterias de las que aprovechan su capacidad para fijar el nitrógeno, un nutriente generalmente escaso, tomándolo del aire. Parasitismo Hay varios casos notables en que algas aparecen implicadas en relaciones parasitarias. La cianobacteria *Phormidium coralyticum* ataca a colonias de coral de diversas especies. Los filamentos del alga provocan lesiones que facilitan la penetración de bacterias sulfo-oxidantes que son las que a su vez causan el daño más grave. Se estima que la infección es más probable en aguas poco turbulentas y contaminadas. Los rodófitos o algas rojas son muy frecuentemente parásitos de otros rodófitos. En general parásito y huésped están filogenéticamente próximos. El parásito inyecta núcleos celulares en las células del huésped, que queda así transformado, produciendo luego células sexuales portadoras del genoma parasitario. Varias algas verdes (Clorofita) son parásitas de plantas verdes. Por ejemplo, *Cephaleuros* es un alga filamentosa que crece en los tejidos de diversas plantas, incluidos cultivo como el té o el café. Un par de especies del alga verde *Prototeca* se han convertido en patógenas de diversos animales, como las vacas o los seres humanos. En las vacas producen mastitis muy contagiosas que no se pueden controlar sin sacrificar los animales



3. Macroalgas Pluricelulares.

Las algas se pueden clasificar en dos grandes grupos: las Macroalgas , o algas pluricelulares; y las microalgas o algas unicelulares. El primer grupo, es decir las macroalgas multicelulares están, a su vez, clasificadas en tres grupos principales; Clorófitas (algas verdes), Feófitas (algas pardas o marrones) y Rodófitas (algas rojas).

Las clorófitas, conocidas como algas verdes, son organismos unicelulares o pluricelulares de formas muy variables. Se pueden ver en todos los ambientes, aunque la mayoría de las especies microscópicas son propias de agua dulce. Sin embargo, hay numerosos grupos marinos que alcanzan tamaños grandes. Se multiplican por división celular sexualmente o por la fusión de dos gametos de tamaños diferentes. Se consideran las antecesoras

de los vegetales terrestres. Las feófitas son algas que alcanzan tamaños de hasta 100 m. Aunque poseen clorofilas, los pigmentos marrones las esconden, por lo que presentan coloración marrón o parda. Estas algas son típicas del agua salada, viviendo muy pocas en agua dulce. Las feófitas forman auténticas praderas submarinas como las del alga *Macrocystis* en el Océano Pacífico, o las del alga *Laminaria* en el Atlántico. Muchas de ellas son utilizadas en la industria agropecuaria, alimenticia, farmacológica o cosmética. Este es el grupo de algas que tiene más generalizado su uso en la agricultura, estando la *Macrocystis pyrifera* entre las más empleadas con estos fines.

Las Rodófitas, conocidas como algas rojas, tienen longitudes que oscilan de unos pocos centímetros hasta un metro aproximadamente y comprenden especies típicas de aguas marinas de grandes profundidades, zonas donde otras especies no pueden sobrevivir por la falta de la luz. No siempre tienen un color rojo, a veces son púrpuras, o incluso de color rojo pardo. A pesar de ello, poseen clorofila. Se reproducen sexual y asexualmente y poseen complicados ciclos de alternancia de generaciones. Es el grupo más variado, con unas 4.000 especies repartidas 9 por todo el mundo.

Las verdaderas plantas vasculares o carófitos son algas muy complejas, de color verde en su mayoría, frecuentes en las orillas de los ríos y lagos, que se reproducen sexualmente o por vía vegetativa. Presentan menos interés económico que las pardas y las rojas. Las algas carófitas (taxón Charophyta) son un grupo de algas verdes que incluye a los parientes más próximos de las plantas terrestres. Más de mil especies crecen a lo largo de la costa del Pacífico. Las algas pardas son las más utilizadas en el sector agrícola. Una de las más conocidas en México es la *Macrocystis pyrifera*. Las costas del Pacífico mexicano albergan algas como la famosa alga vesical, caracterizada por tener sacos o burbujas para hacer flotar la planta en lugares salobres. Sin embargo, estas algas tienen la característica adicional de crecer en aguas de marea, donde alternativamente se sumergen en el agua y se exponen al aire con el movimiento de las mareas oceánicas. Invariablemente, como plantas jóvenes, estas algas marinas se adhieren a rocas o escombros con sujeciones, y solo se sueltan en tormentas o en la vejez.

Como se verá en los análisis minerales de diferentes algas, las algas de inmersión total, o ancladas al fondo, muestran niveles más altos de algunos elementos, en particular el yodo y el hierro. El alga *Macrocystis pyrifera* es característica de zonas costeras profundas. Al crecer en aguas más profundas, es el alga marina gigante que se utiliza en un buen número de industrias de algas y alginatos. La *Macrocystis* puede anclarse al fondo de su zona marítima, prosperar en agua de hasta 20-30 metros de profundidad.

Las algas *Fucus* sp. (clase Phaeophyceae) es un género de algas pardas que se encuentra en las zonas intermareales de las costas rocosas. Este tipo de algas tienen un ciclo de vida relativamente simple que puede considerarse análogo al de las plantas con flores, aunque en las algas, los oogonios son liberados y fecundados en el mar, en tanto que, en las plantas con flores, los óvulos son fertilizados mientras permanecen en la planta madre y después son liberados como semillas. Destacan tres especies dentro de este género *Fucus*: *Fucus spiralis* (enrollada en espiral). *Fucus serratus* (con borde aserrado). *Fucus vesiculosus* (presenta vesículas de gas). *Fucus vesiculosus* es el alga que fue la fuente original de yodo, descubierto en 1812, que se

utilizaba para tratar el bocio, una enfermedad de la glándula tiroides causada por deficiencia de ese elemento.

Ecklonia máxima; esta alga, también llamada bambú marino, es una especie de nativa de los océanos del sur. Se encuentra típicamente a lo largo de la costa atlántica sur de África. En estas áreas, la especie domina las aguas templadas y poco profundas, alcanzando una profundidad de hasta 8 metros en los bosques de algas marinas. El alga se ancla uniéndose a una roca u otras algas a través de su sujeción. Desde esta estructura en forma de raíz, un solo estípote largo se eleva a las aguas superficiales, donde un gran neumatocisto mantiene una maraña de láminas en la superficie para ayudar a la fotosíntesis. La especie es de importancia económica, ya que se cosecha como suplemento agrícola y como alimento en las granjas de abulón. El extracto líquido del alga Ecklonia máxima es un producto muy utilizado en agricultura como como promotor del crecimiento. Estas algas, que crecen en condiciones medio ambientales extremas, son ricas en fitohormonas naturales, polisacáridos, vitaminas y minerales. Gracias a la relación Auxinas/Citoquininas aportadas por la misma alga, se favorecen los cultivos gracias al desarrollo de nuevas raíces y el crecimiento de yemas laterales.

Además de las plantas marinas aquí descritas, se pueden usar docenas de otras algas marinas como biofertilizantes. Las algas rojas, marrones y verdes, grandes y pequeñas, se nutren del agua del océano y tienen capacidades similares para fertilizar y proteger plantas y cultivos terrestres. Si los tipos de mareas y ubicaciones cerca de la costa no son las más adecuadas, se pueden recolectar las algas flotantes del mar de los Sargazos. Dentro de las algas marinas, se ha encontrado que la Caulerpa taxifolia, una peligrosa alga tropical invasiva, ha venido suplantando a la planta acuática Posidonia oceánica en algunas zonas del mar Mediterráneo. Una cepa tolerante al frío de C. taxifolia se introdujo inadvertidamente en el mar Mediterráneo en las aguas residuales del Museo Oceanográfico de Mónaco. Ahora esta alga se ha extendido por más de 13.000 hectáreas de fondos marinos. Debido a su toxicidad la Caulerpa está poniendo en grave peligro al ecosistema Mediterráneo, donde la comunidad clímax son las praderas submarinas de Posidonia oceánica.



4. Las microalgas.

Las microalgas son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos, que pueden crecer de modo autotrófico o heterotrófico. En general son altamente eficientes en la fijación del CO₂ y utilización de la energía solar para producir biomasa, con una eficiencia hasta cuatro veces superior a la de las plantas. Un ejemplo muy común es la Spirulina (Arthrospira platensis), un tipo de microalga verde-azul que pertenece al grupo de las cianobacterias, y que se cultiva en muchos lugares del mundo. Tiene un gran interés en el campo de la biotecnología debido a su alto valor nutricional.

La importancia de las microalgas radica en su papel como productoras primarias de la cadena trófica, que las convierte en las primeras productoras de materia orgánica. Tienen un su gran número de especies y su versatilidad permite utilizarlas en diferentes campos industriales. Están presentes en todos los ambientes con agua, como lagos, mares y ríos, aunque también las podemos encontrar en el suelo y en la mayoría de los ambientes terrestres, incluso los más extremos, lo cual permite hallarlas ampliamente distribuidas en la biósfera adaptadas a una gran cantidad de condiciones. Las principales algas unicelulares, que mencionaremos en esta presentación serán las cinco siguientes: A. Filo-crisófitas, B. Filo-euglenófitas, C. Filo-pirrofitas , D. las Cianofíceas, y E. Filo-bacilariofitas (diatomáceas).

A. Filo-crisófitas. Conocidas como algas amarillas, son organismos unicelulares o pluricelulares que se reúnen en colonias. Su característica principal es la presencia de cromatóforos con pigmentos de color amarillo que les confieren un aspecto dorado. Son de morfología variable con flagelos y sin ellos y en algunos casos se mueven por rizópodos. Siempre se reproducen vegetativamente. Llamadas también “algas doradas”, son un muy extenso grupo de algas del filo Heterokontophyta que viven principalmente en agua dulce. Presentan una gran variedad en morfología y modos de nutrición, siendo la mayoría fotoautótrofos, aunque también hay heterótrofos (osmótrofos y fagótrofos). Viven en su mayoría en lagos y lagunas de aguas dulces limpias y frías, mientras que algunas especies son marinas. Generalmente se presentan como formas unicelulares flageladas, aunque muchas especies forman colonias con formas, incluso, muy elaboradas. Muchas especies presentan paredes celulares o intrincados esqueletos silíceos u orgánicos. Se han descrito unas 1000 especies de algas doradas.

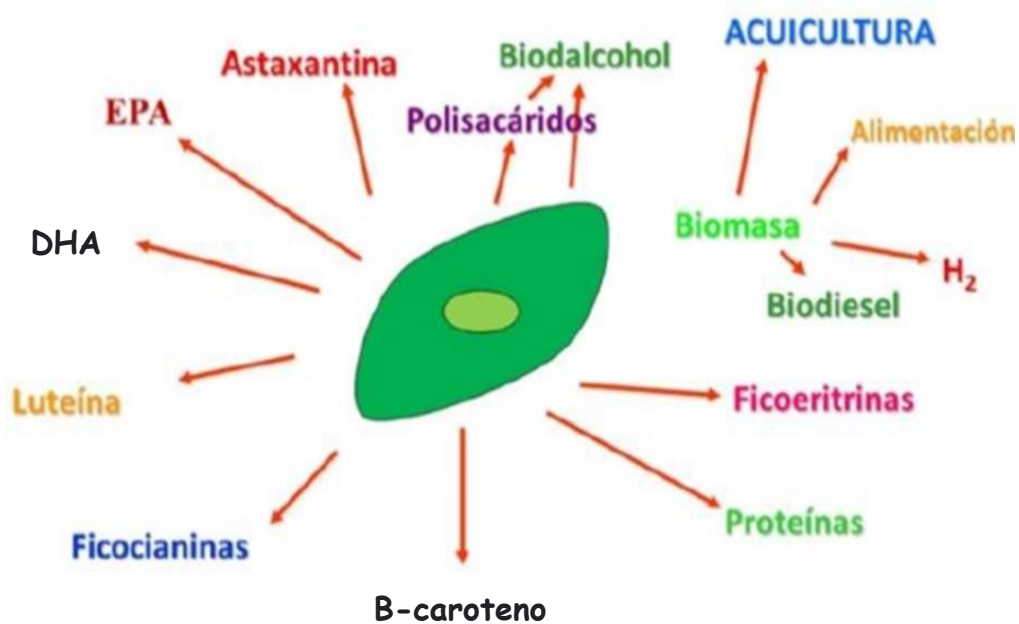
B. Filo-euglenófitas. Algas de estructura muy sencilla, cuya característica más significativa es la presencia de una mancha de pigmento fotosensible. Disponen de uno o dos flagelos, lo que les permite cambiar su forma y se multiplican por división longitudinal. Es un grupo de algas formado únicamente por la clase Euglenophyceae. Son algas por lo general unicelulares organizadas de forma monadal. Euglenoidea, Euglenida, o euglenoideos es uno de los más conocidos grupos de protistas flagelados, presentes en agua dulce, en especial cuando ésta es rica en materia orgánica. Sólo unos pocos miembros habitan aguas marinas o son endosimbiontes.

C. Filo-pirrofitas (dinoflagelados). En su mayoría son unicelulares, que tienen dos flagelos de longitud distinta. La célula se encuentra desnuda o va provista de una cubierta más o menos dura. Presentan forma de vida parasitaria o depredadora. Los dinoflagelados (dinofitos) son animales microscópicos, casi siempre unicelulares clasificados como protistas. Tienen flagelos, los cuales le permiten la locomoción y la alimentación. Han sido considerados y clasificados como animales o como vegetales, según los distintos criterios que se les aplique. Este grupo es un buen ejemplo de cómo la separación animal-vegetal no está claramente establecida en los organismos más simples. La importancia de los dinoflagelados en los ecosistemas marinos consiste en que son responsables de la producción de energía en la cadena alimentaria oceánica y constituyen el nivel trófico primario en la cadena alimentaria acuática debido a que su alimentación es autótrofa, es decir, son productores primarios. Integran el fitoplancton marino y son cosmopolitas. El tamaño oscila entre 50 y 500 μm , por lo que

se les ubica dentro del microplancton. Se dividen en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas de naturaleza celulósica en la pared celular. Constituyen el segundo grupo en importancia del fitoplancton, responsable de la producción de energía en la cadena alimentaria oceánica.

Cuadro Nº 1.

DIFERENTES ELEMENTOS O SUSTANCIAS QUE SE PUEDEN OBTENER DE LAS MICROALGAS / UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA.



D. Cianofíceas Conocidas como algas verde-azules (cianobacterias), son un tipo de bacterias fotosintetizadoras. Pueden resistir condiciones extremas de salinidad, temperatura y pH, porque producen envolturas mucilaginosas que las aíslan del medio ambiente externo cuando ocurren cambios bruscos. Las cianobacterias fueron designadas durante mucho tiempo como "algas cianófitas" (Cyanophyta, literalmente "plantas azules") o cianofíceas. (Cyanophyceae), castellanizándose a menudo como algas verde-azuladas o azul verdosas. Entre ellas, destaca la "Spirulina" por su uso biotecnológico y como alimento, por su alto contenido en proteínas.

E. Filo-bacilariofitas (diatomáceas). Son las conocidas diatomeas. Son formas solitarias que forman colonias estrelladas. Las diatomeas, grupo de algas unicelulares, constituyen uno de los tipos más comunes de fitoplancton. Son un grupo de microorganismos sintetizadores que como colonizadores, se distinguen por encontrarse en cualquier cuerpo de agua; es decir ambiente marino, agua dulce, e incluso terrestre sobre superficies húmedas. Otras diatomeas se encuentran también en ambientes donde existen condiciones

extremas de temperatura o salinidad y de igual forma las encontramos interactuando con otros organismos como es el caso con las cianofíceas filamentosas donde existe un epifitismo por parte de las diatomeas. La mayoría son pelágicas (viven en aguas libres), algunas son bentónicas (sobre el fondo marino), e incluso otras viven bajo condiciones de humedad atmosférica. Son especialmente importantes en los océanos, donde se calcula que proporcionan alrededor un 45 % del total de la producción primaria oceánica. La distribución espacial del fitoplancton marino no está restringida tanto horizontal como verticalmente. Las diatomeas habitan en todos los cuerpos de agua, desde los polos hasta las latitudes más bajas; las regiones polar y subpolar contienen relativamente pocas especies en contraste con la biota templada. Aunque las regiones tropicales exhiben la mayor cantidad de especies, las mayores poblaciones de diatomeas se hallan entre las regiones polar y templada. Este grupo contiene actualmente unas 20 000 especies vivas que son importantes productores dentro de la cadena alimenticia.

En ecología, las comunidades de diatomeas son una herramienta usada recurrentemente para la vigilancia de las condiciones medioambientales, de la calidad del agua y en el estudio de los cambios climáticos. En la agricultura ecológica (agroecología) la tierra diatomeas se utiliza como un insecticida orgánico que actúa eliminando el efecto de revestimiento ceroso de los insectos (la quitina), debido a su poder secante. La tierra diatomea tiene una acción estrictamente física, es decir se adhieren al cuerpo de los insectos (adultos y larvas especialmente). Estas minúsculas algas fosilizadas perforan los cuerpos queratinizados de los insectos, los cuales finalmente mueren por deshidratación. Además, la utilización de diatomeas impide al insecto la habilidad de alterar su propia estructura genética y volverse inmunes como lo hacen con los insecticidas químicos.

La tierra diatomea es un insecticida natural de última generación en el control de plagas de insectos en agricultura ecológica y convencional para todo tipo de plagas como: ácaros, arañas, babosas, caracoles, chinches, cucarachas, garrapatas, gorgojos, grillos, hormigas, langostas, moscas, mosquitos, orugas, piojos, polillas, pulgas, pulgones, tábanos, termitas, vinchucas, gusanos, trips, tuta absoluta; y dentro de estas grandes familias, los diferentes tipos y variedades que existen, y que atacan preferentemente a todo tipo de cultivos de frutas, hortalizas, cereales, legumbres, plantas ornamentales, flores, etc. El empleo de tierra diatomea insecticida orgánica como el control ecológico de insectos y plagas es el sistema natural más eficaz e inocuo para resolver problemas de salud animal, humana y vegetal para reducir o evitar con el uso y abuso de los fitosanitarios químicos y lograr unos ecosistemas limpios y sostenibles. La tierra diatomea es también utilizada como protector de rayos solares en una gran variedad de cultivos que ven sus frutos afectados por el sol. La aplicación foliar de la tierra diatomea produce una capa blanca que protege a las plantas y especialmente a los frutos sensibles, de los golpes de sol en las horas de mayor luminosidad, al reflejar el espectro infrarrojos y ultravioletas, evitando quemaduras y daños que afectan al desarrollo de las plantas y al aspecto de los frutos, flores, hortalizas, etc. La acción reflectante de las tierras de

diatomeas, ayuda al cultivo a poder soportar mejor los períodos de estrés hídrico y excesos de calor e insolación, especialmente durante el verano, permitiendo un mejor desarrollo del cultivo lo que influye en la cosecha final, ya que los golpes de sol también provocan estrés en los cultivos que paralizan su desarrollo vegetativo y el normal crecimiento de las plantas. Los daños por quemaduras solares en los cultivos dañan el aspecto y coloración en las hortalizas y frutas haciéndolas no aptas para venta en los mercados, originando graves pérdidas en la economía de los agricultores. En la actualidad se viene utilizando la tierra de diatomea como alternativa al caolín.

5. *Macrocystis* y *Gelidium*.

La *Macrocystis pyrifera* es un alga parda gigante que habita en la costa del Pacífico de América del Norte, desde Baja California hasta Alaska. Prospera en aguas más frías donde la temperatura del agua del océano se mantiene por debajo de los 21.1 grados centígrados. La presencia de bosques de algas de esta especie se marca en las cartas náuticas pues representan un peligro a la navegación, pues si una gran cantidad se enreda en los propulsores, puede dejar a una embarcación sin gobierno. Esta misma alga, *Macrocystis pyrifera*, se encuentra también en las costas de los mares del sur. Habita desde la zona intermareal hasta unos 30 metros de profundidad y puede formar bosques submarinos. Sus ejemplares individuales pueden alcanzar longitudes de 45 metros o más. *M. pyrifera* es la mayor de todas las algas. La fase en la que se le observa normalmente es la del esporófito, que es perenne y los individuos subsisten por muchos años.

Como otras algas pardas, posee estructuras que recuerdan las de los vegetales. Sus filoides ("hojas") son de color castaño verdoso y pueden medir más de medio metro de largo. A lo largo del caulóide ("tallo") hay cistos, que son pequeñas vesículas llenas de aire que le sirven de flotadores. En su base cuentan con una fijación grampón y con estiletes (talo), del cual salen las láminas hacia la superficie del mar, en busca del sol y en constante movimiento, lo cual ayuda en parte a la oxigenación del mar. Su nombre común es Sargazo gigante, o bien simplemente 'sargazo', que es el nombre genérico y coloquial con el que se denomina a las especies de macroalgas marinas; sirva como ejemplo el término 'sargazo gigante' (*Macrocystis pyrifera*) o 'sargazo rojo' (*Gelidium robustum*) con el que se conoce a dos especies de algas marinas aprovechadas en el noroeste de México.

Una especie similar y relacionada, *Macrocystis integrifolia*, habita las rocas intermareales de las costas del Pacífico de América del Norte y del Sur y solo alcanza los 6 metros. Tanto el gran tamaño de las algas y el gran número de individuos alteran de manera significativa la disponibilidad de la luz, el flujo de las corrientes oceánicas, y la química de las aguas del océano en la zona donde crecen. En las poblaciones de alta densidad, las algas gigantes individuales compiten con otros individuos de la especie por el espacio y los recursos. La *M. pyrifera* gigante pueden competir con éxito cuando se dan estas circunstancias.

Cuando las aguas superficiales son pobres en nutrientes, el nitrógeno en forma de aminoácidos se traslada hasta el estípote tamiz a través de elementos que se parecen mucho al floema de plantas vasculares. La translocación de nutrientes a lo largo del estípote puede ser tan rápida como 60 cm por hora. La mayoría de desplazamiento se produce al moverse fotosintatos ricos en carbono, y por lo general trasfiere material desde regiones maduras a las regiones en crecimiento activo, donde la maquinaria de la fotosíntesis aún no está totalmente en su lugar. La translocación también mueve los nutrientes superficiales hacia abajo desde las frondas de la superficie de expuestas a la luz a los esporófilos (frondas reproductivas) en la base de las algas marinas, donde hay poca luz y por tanto existe poca fotosíntesis para producir alimentos. Es un elemento alimenticio fundamental para algunos peces.

Las Algas Gelidium Robustum

Gelidium es un género de algas rojas pluricelulares que comprende 124 especies. Los miembros del género son conocidos por un amplio número de nombres comunes, que varían según los países. Los especímenes pueden alcanzar de 2 a 40 cm de tamaño. La ramificación es irregular u ocurre en líneas a cada lado del talo principal. Gelidium produce tetrasporas. Muchas de las algas de este género son utilizadas no solo como estimulantes para su aplicación agrícola sino también como agarófitos. Un agarofito es típicamente un alga roja, Rhodophyta, que produce el agar hidrocoloide en sus paredes celulares. Este agar se puede recolectar comercialmente para su uso en alimentos, experimentos biológicos y medios de cultivo. En algunos países (especialmente en el mundo en desarrollo), la recolección de agarófitos, ya sea como existencias naturales o como cultivo, tiene una importancia económica considerable. Los géneros notables de agarófitos explotados comercialmente incluyen Gracilaria y Gelidium. El agaragar, o simplemente agar, es una goma o mucílago originario del Japón, aunque el nombre corresponde a una palabra malaya que significa "alga marina".



6.Aplicaciones agrícolas.

Los cultivos agrícolas solo necesitan pequeñas cantidades de minerales para crecer. Estos minerales pueden ser fácilmente suministrados por las algas. La mayoría de los minerales involucrados en el crecimiento de las plantas actúan como catalizadores, más que como materiales de formación de células per se. Por tanto, no se consumen en el proceso. Dado que los catalizadores no se gastan en las reacciones químicas que promueven, podemos comprender cómo es que las cantidades bastante pequeñas o incluso diminutas de los oligoelementos (manganeso, hierro, boro cobre y zinc) pueden, sin embargo, ser totalmente esenciales para la salud y el crecimiento de la planta.

Cuadro N° 2
Contenidos promedio de los principales minerales
presentes en las algas. En %.

Sodio 4.180	Manganeso 0.123
Cloro 3.680	Hierro 0.089
Azufre 1.564	Fluor 0.032
Magnesio 0.213	Boro 0.019
Fósforo 0.211	Cobre 0.0063
Sílice 0.164	
Zinc. 0.0035	

Norwegian Institute of Seeweed Research

La *fatiga* del suelo agrícola causada por el monocultivo continuo, sin alternancia de plantaciones o períodos de reposo, provoca la disminución del rendimiento de los fertilizantes comerciales, haciendo indispensable su renovación después de cada período de cosecha. Para mejorar la asimilación de los minerales que se aplican a los cultivos, se requiere el apoyo de Activadores Biológicos o *Bio-estimulantes* que ayuden a dicho proceso. Los extractos concentrados de *Macrocystis pyrifera* (parda) y *Gelidium robustum* (roja), que son algas cosechadas en las costas de Baja California, tienen un muy alto valor como activadores biológicos (*bio-estimulantes*) por su probada eficiencia como coadyuvantes en la asimilación de nutrientes por las plantas. Se consideran por ello productos orgánicos con un alto valor comercial.

La composición química de las algas varía según sean o hayan sido las condiciones ambientales oceánicas. *Macrocystis pyrifera* presenta un alto contenido de materia orgánica, además de minerales, vitaminas, carbohidratos, proteínas, lípidos y fitohormonas, compuestos que hacen a esta alga muy rica en nutrientes .

Mientras que el alga *Gelidium robustum* aporta un alto contenido de materia orgánica, entre otros compuestos orgánicos como macro y micronutrientes esenciales. Los carbohidratos que contiene *Macrocystis pyrifera* se encuentran en su forma compleja o ficocoloides, principalmente como ácido algínico, manitol, laminaran y fucoidan y, en menores cantidades, celulosa. Estos ficocoloides son considerados como acondicionadores de suelos por su alta capacidad de retención de agua.

Macrocystis pyrifera es, además, una fuente de nitrógeno por su alto contenido de proteínas a base de aminoácidos esenciales, conteniendo también nitrógeno no proteico proveniente de nitratos y nitrógeno amoniacal. Entre los minerales que podemos encontrar en *Macrocystis pyrifera*, los más abundantes son magnesio, calcio fósforo, potasio, iodo y cloro. Conociendo la composición química del alga *Macrocystis pyrifera*, el producto comercial se complementa con el alga roja *Gelidium robustum*. Entre los beneficios que ofrece esta alga esta su alto contenido proteico, el cual ayuda a aumentar la concentración de nitrógeno disponible para el producto. Un beneficio adicional

es su concentración de macronutrientes como el fósforo y el potasio que son indispensables para las plantas terrestres.

Entre los carbohidratos que aporta el alga *Gelidium robustum* está la celulosa en mayor concentración, xilano, laminaran y galactanos, ficocoloides que se complementan con los de *Macrocystis pyrifera* para mejorar la retención de agua y la absorción de minerales en el suelo. Entre otros ingredientes auxiliares, de importancia, están los ácidos orgánicos considerados como quelantes de cationes metálicos. Estos ácidos se utilizan como acondicionadores de pH, los cuales coadyuvan en la disponibilidad de los minerales traza extraídos de las algas. Los contenidos nutricionales de ambas algas se muestran en la tabla de la página siguiente.

Cuadro N° 3
APORTE NUTRICIONAL DE LAS ALGAS MARINAS.

Características Químicas	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Gelidium robustum</i>
Proteína	13.2 %	31.60 %
Carbohidratos	46.27 %	54.95 %
Lípidos	0.7 %	0.85 %
Materia Orgánica	77.66 %	87.4 %
Nitrógeno	0.6 - 2 %	3.61 - 4 %
Fósforo	0.1 - 0.258 %	0.686 - 0.77 %
Potasio	2 - 5.56 %	4.23 - 4.80 %

Vademecum de Eficiencia Agronómica.

Un producto comercial que puede obtenerse de la *Macrocystis pyrifera* es el ya mencionado *ácido algínico*, un polisacárido coloidal que se extrae de forma natural de las paredes celulares de diversas algas pardas donde puede llegar a tener concentraciones entre 20% y 25% del peso seco del alga. En su forma salina, el ácido algínico es un polímero biodegradable y biocompatible, que forma geles con facilidad en presencia de iones calcio. Este polímero, por su gran versatilidad, ha sido utilizado como estabilizador, aglutinante, espesante, gelificante y formador de películas delgadas.

Cosecha sustentable.

Se han dedicado grandes esfuerzos a la creación de modelos del crecimiento de *M. pyrifera* y de las posibilidades de su cosecha sustentable. Igualmente se han investigado los efectos de los diversos métodos de cosecha del recurso. La cosecha mecanizada desde grandes embarcaciones, tal como se practica en Baja California, solo remueve las frondas hasta una profundidad de 1,2 metros y no afecta los esporófilos ubicados cerca de la base del individuo, encargadas de proveer las esporas para la próxima generación. Dado el hecho de que las frondas individuales pueden llegar a crecer hasta 7 cm diarios, se ha probado que este tipo de cosecha no afecta la estabilidad de los doseles de algas. Igualmente se ha observado el efecto de las cosechas sobre el desarrollo de otras especies asociadas, así como el efecto de la remoción ejemplares de otras especies sobre el desarrollo del

bosque de algas. Estudios realizados en el sur de California indicaron que ciertas especies de peces redujeron su presencia al iniciarse las cosechas, aunque la variedad general de especies no disminuyó. Se sabe de una importante interacción entre las poblaciones de *M. pyrifera* y las de erizos de mar. De hecho, una abundante presencia de erizos de mar es capaz de dificultar y hasta de impedir la recolonización de áreas del fondo de mar por estas algas, aunque estas interacciones son complejas; dependen también del comportamiento de las poblaciones de los depredadores del erizo, la nutria marina o el equivalente chungungo, así como también, en California, de las de abulón que compiten con los erizos de mar en cuanto a alimentarse con esta alga. Se ha observado que es posible fortalecer las poblaciones de *M. pyrifera* por medio de la recolección comercial de erizos de mar comestibles.

También se han investigado las consecuencias de métodos alternativos de cosecha, como por ejemplo la remoción de todas o de solo la mitad de las frondas de cada ejemplar, con el resultado de que lo óptimo sería remover la mitad de las frondas de cada individuo, así como los efectos a mediano plazo de la cosecha sobre la composición de la biomasa en cuanto a componentes de interés económico, donde se llega a la conclusión de que, si bien el valor económico de la población varía en el tiempo, presumiblemente por causas asociadas a la variabilidad de las condiciones oceánicas, el carácter sostenido de la cosecha no muestra tener un efecto significativo sobre esta variable.

Extractos líquidos.

En la utilización de algas como biofertilizantes un sector de crecimiento es el de los extractos líquidos de algas, que pueden producirse en forma concentrada para que los diluya el usuario. Los extractos líquidos de algas son, por lo general, los productos derivados de algas más comunes en diversos países, principalmente para uso en aplicaciones foliares como biofertilizantes, aunque estos extractos también se aplican al suelo. Algunos extractos comerciales contienen tan sólo macroalgas, aunque parecen ser más abundantes los extractos suplementados ya sea con microelementos, harinas de pescado y pesticidas. Los extractos de microalgas y de cianobacterias han aparecido en el mercado a finales de la década de los 90. Existe, por otro lado, un número amplio de bio-estimulantes comerciales a base de algas fabricados la mayor parte a partir del alga *Ascophyllum nodosum*, también se pueden encontrar productos comerciales obtenidos a partir de microalgas como la *Spirulina* o la *Chlorella*, o en combinaciones de ambas.

Los beneficios que se obtienen con los extractos de algas dependen en gran medida del efecto sinérgico de la acción de todos los componentes, no pudiendo aislar el efecto por sí sólo de cada uno de los principios activos. Estos efectos se logran con concentraciones bajas de los extractos, llegando a utilizar proporciones de 1:1000. Estos efectos, también van a depender de la forma en que sean aplicados los extractos, pudiendo ser aplicados directamente al suelo, mediante aspersión foliar o por peletización, o bien aplicados a semillas, en tratamientos post- cosecha, o por la combinación de algunos de ellos.

La combinación del tratamiento del suelo y la aspersión foliar son los modos de aplicación más utilizados. En esta última combinación, se enriquece el suelo con algunos componentes necesarios para lograr una más adecuada germinación de las semillas y emergencia de las plantas, así como un mejor crecimiento inicial de las mismas y luego, la aplicación foliar beneficiará tanto el desarrollo vegetativo como reproductivo de las plantas, lo cual se puede traducir en una estimulación del rendimiento y una mejor calidad de la cosecha. Entre los efectos de las algas y sus extractos, se encuentran; la estimulación de la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas y la floración y el de retrasar la. Por otra parte, estimulan el crecimiento de las raíces, adelantan la maduración de los frutos, aumentan la tolerancia de las plantas a estrés abiótico como la salinidad, sequía, altas temperaturas y heladas y poseen efectos fortificantes. Las algas, también actúan en los procesos que desencadenan los mecanismos de defensa e inmunidad de las plantas, reducen la infestación por nemátodos e incrementan la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas ; así como incrementa la resistencia al ataque de ácaros, pulgones, araña roja, mosca blanca, áfidos y nemátodos.

Control de hongos

En estudios recientes de diversos países de Asia, Europa y América del norte, se ha demostrado el potencial de los extractos de algas para el control de hongos en diversos cultivos, principalmente tropicales. Se ha comprobado que las plantas tratadas han aumentado su resistencia a enfermedades causadas por *Fusarium* sp., *Botrytis* sp., y *Alternaria* sp. Varios estudios internacionales han indicado que cuando se aplican las algas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles; además, hidratan y reestructuran el suelo. A diferencia de los fertilizantes químicos, las algas liberan más lentamente el nitrógeno y son ricas en macro y microelementos por lo que se han utilizado ampliamente como fertilizantes del suelo. También, se han empleado para reducir la cantidad de sodio intercambiable, lo que conduce a la recuperación de los suelos sódicos. Hay que destacar el efecto de las algas en diversos procesos fisiológicos de las plantas, tales como: la fotosíntesis, la respiración y la movilización de nutrientes hacia los órganos vegetativos. Además, promueven la diversidad y acción microbiana en el suelo, creando así un medio adecuado para el desarrollo radical de las plantas.

Bioestimulantes a base de algas.

El agua de mar contiene todos los elementos minerales conocidos y en todos los mares se pueden cultivar algas. Nunca hay malas cosechas en este universo de plantas. La erosión de minerales de las áreas terrestres al mar reabastece constantemente los suministros de alimentos. A medida que empobrecemos la tierra mediante un uso intensivo, aceleramos la erosión y enriquecemos el mar. . Algunas algas marinas pueden producir hasta 1 millón de "enjambres" (esporas), cada uno capaz de producir una nueva planta. Dado que el agua de mar sostiene estas plantas, tienen un mínimo de tejidos rígidos de tipo lignina de los tipos que se encuentran en los tallos de las plantas terrestres. Por lo tanto, las algas se pueden procesar, extraer, licuar y convertir en cientos de tipos de productos útiles.

El uso de algas como fertilizantes se remonta, al menos, al siglo XIX. Lo iniciaron los habitantes de las costas, que recogían las algas arrancadas por la resaca, normalmente algas pardas grandes, y las echaban en sus terrenos. Gracias a su elevado contenido de fibra, las algas actúan como acondicionador del suelo y contribuyen a la retención de la humedad, mientras que, por su contenido en minerales, son un fertilizante útil y fuente de oligoelementos. A comienzos del siglo XX, se desarrolló una pequeña industria basada en el secado y la molienda de algas arrastradas principalmente por la resaca, pero se debilitó con la llegada de fertilizantes químicos sintéticos. Hoy en día, al aumentar la popularidad de la agricultura orgánica, se está revitalizando esta industria, pero aún no en gran escala; el costo total del secado y transporte ha limitado su utilización a climas más soleados y a lugares donde los compradores no se hallan muy distantes de la costa.

En estudios publicados por la FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura) , se ha constatado que los biofertilizantes a base de algas, como alga enzimas, turbo enzimas y algarrot, aplicados al suelo y por vía foliar a plantaciones de vid (*Vitis vinífera*), incrementaron la tasa de asimilación del CO₂ y redujeron la tasa de evapo-transpiración, lo que resultó en un incremento de la eficiencia del uso de agua y en la mejora de los frutos. Por otra parte, se ha demostrado que el tratamiento de plantas de arroz con algas verde- azuladas incrementó la producción de los granos. Bajo condiciones de aniego, las algas proporcionan al suelo materia orgánica, vitalidad, productividad y fertilidad, mejoran sus propiedades físicas y químicas y los microorganismos del suelo aumentan la capacidad de metabolizar el nitrógeno molecular, aumentan la liberación de parte del nitrógeno fijado y la solubilidad del fósforo insoluble.

En cultivos de maíz.

En estudios realizados en maíz, con extractos de lípidos obtenidos a partir de microalgas se redujo la fertilización mineral y la productividad aumentó. En frutales, cereales, hortalizas de hojas y frutos, orquídeas y *Arabidopsis thaliana*, se ha constatado un efecto bio-estimulante, defensa frente a enfermedades (actúa como elicitador y estimula la síntesis de fitoalexinas), protección contra estrés salino, hídrico y térmico y aumento del rendimiento y en cítricos (aplicando en suelo además de la aplicación foliar). estimuló la disponibilidad de azúcares, incrementó el tamaño de los frutos y mejoró su calidad e incrementó la longitud y el potencial osmótico del tallo . Por otra parte, extractos orgánicos de algas marinas brasileñas mostraron actividad antifúngica contra la antracnosis de plátano y papaya y extractos acuosos y orgánicos de *Sargassum vulgare*, aplicados a diferentes concentraciones en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), demostraron tener una muy buena actividad antifúngica contra *Pythium aphanidermatum*, donde se observó la mayor actividad cuando se utilizó el extracto con extractante a base de metanol.

Las Fitohormonas.

Se trata de sustancias químicas orgánicas producidas por plantas que regulan el crecimiento de diferentes plantas o que pueden intervenir para

otras acciones como la comunicación entre diferentes individuos de plantas. No son hormonas estrictamente hablando. Para poder clasificarse como fitohormona, una sustancia debe ser: • endógena (no suministrada por el medio ambiente) • oligo-dinámica (que actúa a dosis bajas, un micro-mol) • vector de información (llevado a una célula- objetivo, selectivamente sensible a su acción y en cuyo funcionamiento influye). Estos tres requisitos para las fitohormonas (también conocidas como hormonas vegetales) son los que permiten distinguir entre una fitohormona y una sustancia de alguna cadena trófica. Ejemplo: un árbol estresado puede emitir una fitohormona que informa a otros árboles que existe una causa de estrés. (Este estímulo puede incrementar la producción de taninos o moléculas defensivas de la planta receptora).

A veces se habla de hormonas del estrés para describir las moléculas emitidas por plantas en estado de falta de agua o debilitadas, que pueden atraer a los depredadores, pero también a los depredadores de estos depredadores. Las tres fitohormonas más usuales son : las Auxinas, las Citoquininas, y las Giberelinas. Ácido Indol 3-acético (AIA). Zeatina (IPA) AG3 La Auxina. Químicamente, es el Ácido Indol 3-acético (AIA). Fitohormona cuya característica es la fuerte polaridad exhibida en su transporte a través de la planta. La auxina es transportada mediante un mecanismo dependiente de energía, alejándose desde el punto apical de la planta hacia su base. Este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, y de esta forma se puede mantener la dominancia apical.

El ácido 2,4- diclorofenoxiacético ("2,4-D") , ampliamente utilizado como defoliante – el agente naranja - por el ejército americano en la atroz guerra de Vietnam , pertenece a la familia de las auxinas. La Citoquinina, Zeatina, o Iso-pentenil-adenina (IPA) . Se produce en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces. La Zeatina es una hormona de esta clase y se encuentra en el maíz ("Zea"). Las mayores concentraciones de citoquininas se encuentran en embriones y frutas jóvenes en desarrollo, ambos en rápida división celular. Los altos niveles de citoquinina pueden facilitar su habilidad para actuar como fuente demandante de nutrientes. Las citoquininas también se forman en las raíces y son translocadas a través del Xilema hasta el brote. La Giberelina o Ácido giberélico. Existen varias formas del ácido, siendo el más común el AG3. Esta fitohormona no muestra un transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo. Su principal función es incrementar la tasa de división celular (mitosis). Las 47 giberelinas han sido aisladas de exudados del Xilema lo que sugiere un movimiento bidireccional de la molécula en la planta. Las hormonas vegetales controlan un gran número de eventos, entre ellos el crecimiento de las plantas, incluyendo sus raíces, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación de las semillas. Una hormona interviene en varios procesos, y todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas que se sintetizan al interior de la planta. Sus concentraciones son muy bajas en el interior de los tejidos vegetales, y pueden actuar en el lugar que fueron sintetizados o en otro lugar, es decir estos reguladores son transportados por el interior de la planta. Los efectos

fisiológicos producidos no dependen de una sola fitohormona, sino más bien de la interacción de muchas de estas sobre el tejido en el cual coinciden. Las plantas a nivel de sus tejidos también producen sustancias que disminuyen o inhiben el crecimiento, llamadas precisamente inhibidores vegetales. Estas sustancias inhibidoras controlan la germinación de las semillas y de las plantas.

En resumen, las fitohormonas son señales, sustancias químicas que pueden emitirse y recogerse en cualquier parte de la planta. Por ejemplo, una hoja podrá transmitir una señal al final del tallo para indicarle que forme flores. Se ha demostrado que los brasino-esteroides, salicilatos y jasmonatos funcionan de manera similar a las hormonas. (Los derivados del ácido jasmónico son compuestos relacionados con las señales químicas que inducen defensas en las plantas como respuesta al ataque de insectos). Las hormonas pueden estar también relacionadas con azúcares o aminoácidos; de esta forma permanecen inactivas y permiten su almacenamiento. En determinadas condiciones, las hormonas pueden volver a liberarse y volver a activarse, por ejemplo con la influencia de la gravedad o de la luz. Si se desea utilizar preparaciones de hormonas vegetales, es importante saber cómo usarlas, cuándo usarlas y en qué cantidad. El resultado final dependerá de varios factores como el momento de aplicación (etapa, hora del día), la vía de aplicación elegida (hojas o raíces) y la concentración administrada. Investigadores de la UNAM han demostrado que las aplicaciones foliares de ácido salicílico aumentan la biomasa de determinados cultivos (soya, trigo...) así como sus rendimientos. Estos efectos dependen de la especie, la etapa de desarrollo y la concentración aplicada, así como sus rendimientos. Estos efectos dependen de la especie, la etapa de desarrollo y la concentración aplicada.



7. Biofertilizantes de algas y pescado

Los biofertilizantes combinados de pescado y algas por lo usual tienen contenidos NPK del orden de 2 % nitrógeno, 3 % fósforo y 1 % potasio. (Fórmula 2-3-1). La combinación de emulsión de pescado y algas en estos productos tiene un efecto sinérgico en los nutrientes y trazas de minerales, optimizando los beneficios de ambos. Por ejemplo, en la emulsión de pescado, el nitrógeno está disponible más rápidamente para sus plantas de lo que estaría un biofertilizante a base 100% de algas. La proteína de pescado tiene aminoácidos que pueden reducirse a cetoácidos por oxidación. Estos cetoácidos (que son compuestos orgánicos que contienen un grupo ácido carboxílico y un grupo cetona) pueden servir como precursores de las citoquininas. Por lo tanto, el pescado puede proporcionar bloques de construcción esenciales para producir estas hormonas. Las materias primas a base de pescado pueden ser excelentes fuentes de nutrientes minerales. Los peces que habitan en aguas marinas asimilan una variedad muy completa de minerales que, posteriormente, podrían ser aprovechados por las plantas.

Las algas marinas, por su parte, son sustancias de una increíble complejidad. Posiblemente se conviertan en una de las principales materias primas para la agricultura sustentable a corto y mediano plazo, pero, atención a su empleo como biofertilizante: (a) el nivel de sal es alto y puede agravar los problemas en suelos salinos; (b) las relaciones entre Ca, Mg, K y Na son problemáticas. El sodio y el potasio son tan altos que podrían inmovilizar el magnesio y, de hecho, son altos en relación con el calcio, [c] la relación entre el manganeso y el hierro es pobre, con el manganeso excediendo al hierro en lugar de estar en la situación inversa, como sería lo normal. Además, el zinc está bajo en relación con otros elementos. (Ver contenidos promedio en página 7). 35 La mayoría de los minerales involucrados en el crecimiento de las plantas actúan como catalizadores, más que como materiales de construcción de células. Por tanto, no se consumen en el proceso de crecimiento de las plantas. Dado que los catalizadores no se gastan en las reacciones químicas que promueven, se puede comprender cómo es que cantidades bastante pequeñas o incluso diminutas de los microelementos contenidos en las algas (hierro, manganeso, boro, cobre y zinc) puedan, no obstante, ser tan esenciales para la salud y el crecimiento de los cultivos.

El inconveniente principal de este tipo de combinaciones biofertilizantes, es que puede darse que no liberen suficiente de su nutriente principal cuando las plantas lo necesitan. Dependen de los organismos del suelo para descomponerlos, por lo que este tipo de fertilizante es más eficaz en suelos cálidos y húmedos, que es cuando los organismos del suelo están activos. También hay que prestar atención a no utilizar soluciones de biofertilizante que contengan una emulsión de pescado que esté demasiado concentrada, ya que el exceso de nitrógeno puede quemar las plantas. La investigación actual ha demostrado que alrededor de 400 a 600 kgs/ha de harina de algas marinas secas como una buena tasa de uso. Sin embargo, esto, por supuesto, se puede ajustar para diferentes tipos de cultivos, suelos y clima. La principal limitación es la salinidad de las algas y algunos cultivos, como la papa y la remolacha, prosperan en suelos ligeramente salinos. Cuando se aplica al suelo harina de pescado de grado fertilizante y se usa como estimulante para el desarrollo de las bacterias del suelo (relación C/N) y como fertilizante para absorción directa por parte de los cultivos, la experiencia y la investigación de campo han demostrado que de 200 a 300 kgs /ha puede considerarse una buena base orientativa.



8. Precauciones.

El uso de las algas con distintos fines es muy antiguo: Los chinos ya las utilizaban en el año 2700 a.C., y culturas tan diversas como la azteca o la greco-romana recolectaban algunas especies para preparar alimentos, medicinas o cosméticos. Los expertos consideran que sus posibilidades en la agricultura son enormes, teniendo en cuenta que apenas se tienen conocimientos científicos sobre todas las especies. Utilizando extractos de algas se han desarrollado toda una serie de utilizaciones para la agricultura y el medio ambiente. Las primeras referencias de su uso como enmienda agrícola datan de China en el año 2700 a. c. Su uso agrícola en Europa se

generaliza entre los siglos XI y XII. En la actualidad, ante la urgente necesidad de desarrollar sistemas de agricultura sostenible (regenerativa del suelo) así como las crecientes exigencias de los consumidores por alimentarse con productos orgánicos (llamados también biológicos en algunos países) han generado un creciente interés en las algas , y en los extractos de algas como una de las opciones más viables en la agricultura sustentable. Los extractos de algas son productos obtenidos de la extracción química o física de algas marinas. Las algas han sido usadas desde siempre por el hombre como fertilizante, alimento para el ganado y sobre todo en las culturas orientales como alimentación humana.

Para mejor comprender los efectos que tienen las algas como bioestimulantes tenemos que observar el único e inhóspito hábitat donde crecen aquellas algas de donde se obtienen los extractos comerciales: las costas de mares y océanos. Las algas pardas pasan una parte del tiempo inundadas bajo el agua y a las pocas horas quedan expuestas al sol en una pradera costera cuando se retira la marea. Para poder resistir en estas condiciones tan extremas, estas algas han desarrollado defensas naturales en forma de compuestos químicos, muchos de los cuales todavía desconocemos y que son extractados en los procesos de obtención. Son una fuente natural de sustancias químicas desarrolladas para soportar situaciones extremas que es posible aislar y trasladar a los productos comerciales para ser utilizados por los cultivos. No solo mejoran la producción vegetal como abono y fertilizante, sino que también pueden utilizarse como complemento alimenticio del ganado.

En el aspecto medioambiental y energético, las algas se utilizan como restauradoras de zonas contaminadas, depuradoras de efluentes o como bioindicadores para conocer el estado de un determinado medio. Asimismo, su uso como combustible, para generar biogás (metano), hidrógeno o biodiesel es otra línea de investigación. Las algas que se utilizan para elaborar los extractos son usualmente las algas pardas ya previamente mencionadas en varias ocasiones. Los extractos de algas no responden totalmente a la definición de fertilizantes, ya que no contienen cantidades significativas de macro y microelementos, aunque si contienen de todos en trazas. Lo interesante de las algas, y esto en parte puede ser debido a su hábitat hostil, es la cantidad de polisacáridos complejos que no están presentes en las plantas terrestres. Las algas pardas antes referidas contienen polisacáridos tipo laminarinas, fucoidanos y alginatos, que además se ha demostrado mediante bioensayos, que sus extractos pueden inducir la producción de auxinas y citoquininas naturales en las plantas sobre las que se aplican. Esas sustancias permiten que los extractos de algas sean unos de los mejores bioestimulantes del mercado.

Sin embargo, las algas también presentan una serie de problemas. En ciertas condiciones ambientales, en gran parte inducidas por la contaminación humana, pueden crecer a una velocidad más alta de la habitual, pudiendo perturbar el equilibrio ecológico. Las proliferaciones más extendidas son las "mareas verdes", especialmente las de algas del género "Ulva", que dificultan el baño en las costas e incluso la navegación portuaria, así como las "mareas rojas". Además de la ya mencionada *Caulerpa taxifolia* existen otras especies marinas invasoras que también pueden causar graves daños en acuicultura y

en el medio natural. Entre ellas, cabe mencionar la *Asparagopsis armata* (alga roja) la *Asparagopsis taxiformis*, la *Caulerpa racemosa* (algas verdes) y la *Rugulopteryx okamurae* (alga parda). Asimismo, las algas pueden almacenar gran cantidad de los metales tóxicos vertidos por la producción industrial, lo que supone un peligro para el ser humano, puesto que estos metales se van concentrando en los peces o moluscos que van a ser consumidos. Existen formas unicelulares hiper-térmofilas, creciendo en fuentes termales, entre las algas rojas. Son de gran interés biológico, porque esta condición es única entre los organismos eucariontes. De interés práctico son las floraciones producidas por algunas de estas algas eucarióticas unicelulares que protagonizan a veces mareas rojas tóxicas. El tipo de los factores que afectan a los vegetales divide el estrés en dos grupos. Uno es el estrés abiótico que genera una alteración en el metabolismo celular, la cual es inducida por factores no infecciosos como serían: Temperaturas extremas (altas o bajas). Luz y Agua (falta o exceso). Altas concentraciones de iones metálicos Al^{+3} , Pb^{+2} y no metálicos Na^{+} . Contaminantes atmosféricos O_3 , NO , N_2O , CO . El otro factor es el estrés biótico. Es decir, la alteración en el metabolismo celular pero inducido por diversos factores infecciosos, tales como los hongos, las bacterias, los virus, los nemátodos y plantas parásitas capaces de penetrar y establecer una relación directa con la planta hospedante.



9. El impacto ambiental.

Los ciclos completos de carbono y nutrientes deben modelarse para poder evaluar si las absorciones de carbono y nutrientes durante el cultivo realmente contribuyen a un efecto ambiental positivo general. Por lo tanto, la evaluación del ciclo de vida ambiental del cultivo y la aplicación de algas marinas debe considerar el ciclo de vida completo de la aplicación, incluido su uso y el final de su vida útil. La dinámica durante el cultivo con respecto a la sedimentación y la población de algas marinas en pie también debe evaluarse para una evaluación completa del ciclo del carbono. Las evaluaciones positivas de los beneficios ambientales con respecto al secuestro de nutrientes y carbono podrían requerir una redefinición. La comparación con un punto de referencia (como un fertilizante convencional o un combustible fósil) también puede ser una forma de reclamar efectos ambientales positivos, pero estas comparaciones a menudo son implícitas al asumir escenarios de sustitución específicos. Estas comparaciones pueden ser difíciles de hacer en cualquier caso y son una fuente de problemas metodológicos. Además, una evaluación crítica del cultivo y la aplicación de algas también requiere la evaluación de los beneficios e impactos potenciales que no pueden ser cuantificados por métodos de cromatografía líquida. Más recientemente se han estado ya desarrollando nuevos métodos cuantitativos directamente aplicables. Dichos métodos deberían desarrollarse y probarse más en relación con el cultivo y la aplicación de algas marinas.

10. Quienes somos.

Laboratorios A-L de México SA de CV es una empresa mexicana con criterios éticos orientados hacia un sistema socioeconómico más solidario, equitativo y sostenible. Coincidimos con la declaración de principios de las "Empresas de Economía Solidaria", en cuanto que consideramos que el objetivo final de nuestra actividad empresarial debe ser colaborar al bienestar de las personas. Nuestra misión es compartir, transmitir y promover la agroecología sustentable como la mejor alternativa ética y política al servicio de la Vida. Nuestros servicios analíticos de suelo agrícola, plantas, agua de riego, control de calidad de insumos y materias primas agrícolas, son fundamentales en el sector primario. Estamos enfocados a coadyuvar en el mejoramiento de la producción y de la calidad del sector agrícola mexicano. Para ello utilizamos tecnologías de primer nivel mundial en todos los análisis fisicoquímicos. Somos, además, pioneros en la aplicación de análisis genómicos en la caracterización y diagnóstico de suelos agrícola.

Contamos con un departamento de "Información y Conocimiento" en el cual editamos y hacemos difusión gratuita de técnicas relacionadas con los servicios analíticos que prestamos, así como información oportuna relativa a los cultivos más usuales en el campo mexicano, y documentos técnicos sobre los servicios de metagenómica aplicada a la agricultura.

SERVICIOS ANALÍTICOS AL SECTOR AGRÍCOLA :

- 1.FERTILIDAD FÍSICOQUÍMICA DE SUELOS.** Paquetes de 23, 27, 29 y 32 parámetros.
- 2.DIAGNÓSTICO METAGENÓMICO DE SUELOS AGRÍCOLAS.** Incluye fitopatógenos y pruebas de carbono orgánico, total y activo para procesos de Captura de Carbono.
- 3.CAMPOS DE GOLF, DEPORTIVOS Y JARDINES.** Pruebas fisicoquímicas y genómicas de suelos.
- 4.SALINIDAD Y SALES SOLUBLES .** Pruebas físicoquímicas. Relación C/N del suelo.
- 5.ANÁLISIS FOLIARES.** Contenido de nutrientes en tejidos vegetales.
- 6.CALIDAD DEL AGUA .** Usos en irrigación, ganadería, granjas avícolas y piscícolas.
- 7.DIAGNÓSTICOS MICROBIOLÓGICOS.** Paquetes de microscopía.
- 8.PLAGUICIDAS.** Perfiles en agua, plantas, suelo, alimentos e insumos diversos.
- 9.INSUMOS. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD :**
 - compostas, lombricompostas y lixiviados. Relación C/N.
 - sustratos para invernadero. Relación C/N.
 - fertilizantes granulados, líquidos y mezclas.
 - metales pesados, metaloides y no-metales, en diversas matrices.
 - Cal y yeso agrícola. Análisis de elementos, pureza del insumo, etc.
- 10. ASISTENCIA ANALÍTICA.** Recuperación de suelos agotados y/o ontaminados : Procesos de Captura de Carbono.



LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

44550 Guadalajara, Jalisco.

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925.

Información adicional: kcalderon@allabs.com. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria.

Valoramos la libertad de información. este artículo es gratuito y puede ser reproducido tan solo mencionando su procedencia.