



#### ***Granjas para Cultivo de Micro-Algas***

*Es posible obtener bio-aceite y biodiesel mediante el cultivo micro-algas en granjas. Se requieren micro-algas con alto contenido de aceite y de desarrollo rápido. Al contrario de los cultivos terrestres, las microalgas no requieren suelos agrícolas, y su producción de biomasa por unidad de superficie, es hasta 100 veces mayor que la de cultivos agrícolas. El tamaño de las granjas para cultivo de micro-algas se mide por la superficie que ocupan los estanques. La profundidad de los estanques debe permitir el ingreso de luz solar.*

#### ***Regiones:***

*En regiones templadas y cálidas, así como en desiertos y costas donde los suelos no son adecuados para producción de alimentos, pueden cultivarse micro-algas en estanques poco profundos para que la luz pueda penetrar. Así mismo, las micro-algas pueden cultivarse en foto-reactores que se mencionarán en este documento.*

#### ***Estanques:***

*Los estanques se diseñan de tal manera que dentro ellos sea posible hacer circular agua y nutrientes constantemente, alrededor y conjuntamente con las micro-algas. De tal manera las microalgas se mantienen suspendidas en el agua y, con frecuencia regular, son traídas a la superficie. Es decir, el agua y los nutrientes para las microalgas son suministrados constantemente. El agua que contiene algas es recibida al otro lado del estanque. Es necesario un sistema de "cosecha" para separar el agua de las algas que contienen aceite natural.*

### **Dióxido de Carbono:**

*La habilidad de los cultivos de micro-algas para utilizar altos volúmenes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es tan grande que, el desarrollo de esta tecnología fue motivado con la idea de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, haciendo pasar el CO<sub>2</sub> proveniente de procesos industriales y de generación de energía eléctrica mediante cultivo de micro-algas.*

*De tal manera, se presenta posibilidad para que el cultivo de micro-algas se efectúe cerca de refinerías y plantas industriales que generan el CO<sub>2</sub> que sirve como alimento a las micro-algas. Los estanques para cultivo de micro-algas pueden ser altamente eficientes en la utilización de CO<sub>2</sub>. Hasta 90% ó más del CO<sub>2</sub> inyectado en los estanques puede ser utilizado eficientemente por las microalgas.*

### **Las investigaciones sobre cultivos de micro-algas se ha centrado en:**

- *Selección de cultivos e ingeniería genética para incrementar la cantidad de lípidos en las microalgas.*
- *Manipulación genética del mecanismo por el cual las microalgas cambian de su estado normal crecimiento a la producción de lípidos, a fin de mantener mejor producción de ambos (crecimiento y producción de lípidos).*
- *Optimizar las características de los lípidos producidos por micro-algas para convertirlos en combustibles mediante hidro-procesos.*
- *Trabajar en conjunto con personal de refinerías de petróleo para mejorar el hidro-proceso, a fin de convertir el aceite de micro-algas en diesel ó gas-avión.*

### **Se han catalogado las microalgas en diversas clases:**

- *Diatomeas (Bacillariophyceae): Dominan en el fitoplancton de los océanos. También pueden encontrarse en agua fuera de los océanos. Existen alrededor de 100 mil especies conocidas. Contiene sílice polimerizado en sus paredes celulares. Todas sus células almacenan carbón en diversas formas. Almacenan carbón en forma de aceites naturales ó como polímeros de carbohidratos.*
- *Alga Verde (Chlorophyceae): Son también muy abundantes, particularmente en aguas continentales (lagos, ríos, albercas). Pueden presentarse como unicelulares o en colonias. Son ancestros de las plantas actuales. Almacenan principalmente almidón, pero también aceites pueden ser producidos bajo ciertas condiciones.*
- *Alga Azul-Verdosa (Cyanophyceae): Esta se asemeja a las bacterias en cuanto a estructura y organización. Tiene función importante en la fijación de nitrógeno atmosférico. Existen alrededor de 2 mil especies conocidas, y se encuentran en hábitats diversos.*

- **Alga Dorada (Chrysophyceae):** Este grupo de algas es similar a las Diatomeas en su composición bioquímica y pigmentación. Tiene sistemas de pigmentación más complejos y, pueden aparecer amarillas, cafés ó anaranjadas. Existen alrededor de mil especies conocidas, y se encuentran principalmente en sistemas de aguas continentales. Produce y almacena aceites naturales y carbohidratos.

#### **Aguas Residuales y Agua de Mar:**

**Las granjas para cultivo de micro-algas pueden ser diseñadas y construidas para utilizar aguas residuales provenientes de municipalidades y sector agropecuario. De este modo podría propiciarse la expansión de estas granjas.**

**Es posible extraer nutrientes de las algas para producción de fertilizantes que contengan nitrógeno y fósforo. Al utilizar aguas residuales en el cultivo de micro-algas, se crea la cadena de reciclaje: Fertilizantes-Alimentos-Residuos-Fertilizantes.**

**Al utilizar agua de mar en los estanques se evita el costo de desalinización. Pero usar este tipo de agua puede conducir a problemas como acumulación de sales en los estanques. Habrá que tomar en cuenta también la evaporación. Hay soluciones para estos problemas. En regiones costeras, los estanques podrían colindar con los océanos para utilizar el agua mar.**

#### **Foto-Bio-Reactores**



**Recientemente, la investigación se centra principalmente en foto-reactores, en lugar de estanques para producción de micro-algas. La razón para este cambio está relacionada con problemas previos encontrados en estanques abiertos como: invasión de algas indeseables**

*con baja producción; vulnerabilidad de las micro-algas a fluctuaciones de temperatura; pérdida de micro-algas por evaporación de agua en estanques, etc.*

*Sin embargo, el costo de los foto-reactores es generalmente mas alto que el de los estanques. Esto implica un costo mayor por concepto de capital invertido. De tal manera se requieren foto-reactores que ofrezcan altas producciones (óptima luz), fabricados a bajo costo considerando el costo por inversión en estanques.*

*Aspectos Generales sobre Micro-Algas:*

*a) El mejoramiento de los procesos tecnológicos y diseños de sistemas integrados para el uso de subproductos generados en el cultivo de micro-algas, permitiría optimizar la relación costo-beneficio en los proyectos.*

*b) Para producir biodiesel no únicamente se requiere el bio-aceite, sino también alcohol (metanol ó etanol) que constituye alrededor del 10% del volumen total en la producción. Uno de los métodos para producir alcohol es mediante hidrólisis y fermentación de celulosa vegetal.*

*c) Las micro-algas pueden ser cultivadas bajo condiciones agro-climáticas difíciles, como por ejemplo en desiertos. Los costos de cosecha y transporte algas es menor comparado con el cultivos agrícolas, y su tamaño pequeño permite opciones de procesamiento efectivas en cuanto a costo.*

*d) En la producción de energía a partir de la biomasa en micro-algas, se presentan dos acercamientos básicos, dependiendo del organismo en particular y del tipo de carbohidratos que produce. El primero, es simplemente la conversión biológica de nutrientes a lípidos y carbohidratos. El segundo, implica tratamiento termo-químico de la biomasa para obtener carbohidratos utilizables.*

*e) Lípidos y carbohidratos se encuentran normalmente almacenados en la biomasa de las células de micro-algas. En algunos casos, la composición de los lípidos puede ser regulada mediante la adición o restricción de algunos componentes en su dieta. Restringir las fuentes de nitrógeno o sílice, así como de otros factores de estrés, puede incrementar la producción total de lípidos.*

*f) El tipo y cantidad de lípidos y carbohidratos producidos por micro-algas se encuentran relacionados frecuentemente a factores del medio ambiente como luz, temperatura, concentración de iones y PH. No es raro encontrar niveles de lípidos entre 20 y 40% de la materia seca. En ocasiones los niveles de lípidos en micro-algas son extremadamente altos. En la especie denominada Botryococcus, la concentración de carbohidratos en materia seca puede exceder de 90% bajo ciertas condiciones.*

*g) La cosecha y manejo de micro-algas puede debe ser conveniente en procesos termo-químicos de licuefacción. Las microalgas pueden ser convertidas en materia aceitosa bajo la influencia de alta temperatura y alta presión. Rendimientos entre 30 y 40% de aceite pesado son posibles de esta forma. Este aceite puede convertirse en biodiesel mediante proceso de trans-esterificación.*

**h) En casos donde los carbohidratos son anabólicos por micro-algas, la extracción directa es la forma más simple y efectiva para obtener estos productos. Esto puede ser efectuado ya sea mediante el uso de solventes; expresión directa de los lípidos líquidos o combinación de ambos métodos. Fuente: Morton Satin, Chief Agro-Industries and Post-Harvest Management Service.**

**Contenido de Lípidos en Diversos Tipos de Algas**

<b>Alga</b>	<b>% Lípidos (materia seca)</b>
<i>Scenedesmus sp.</i>	12-40
<i>Chlamydomonas sp.</i>	21
<i>Clorella sp.</i>	14-22
<i>Spirogyra sp</i>	11-21
<i>Dunaliella sp.</i>	6-8
<i>Euglena so.</i>	14-20
<i>Prymnesium sp.</i>	22-38
<i>Porphyridium sp.</i>	9-14
<i>Synechoccus sp.</i>	11

**Fuente: Morton Satin, Chief Agro-Industries and Post-Harvest Management Service**

**Composición % (base materia seca)**

<b>Alga</b>	<b>Proteína</b>	<b>Carbohidratos</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Ácido Nucleico</b>
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14	3-6
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	-	1.9	-
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52	16-40	-
<i>Chlamydomonas reinhardii</i>	48	17	21	-

<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22	4-5
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2	-
<i>Spirogyra sp.</i>	6-20	33-64	11-21	-
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8	-
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6	-
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	-
<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38	1-2
<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3	-
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14	-
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4--9	2-5
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7	3-4.5
<i>Synechoccus sp.</i>	63	15	11	5
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7	-
<i>Fuente: Becker (1994)</i>				

#### **Desarrollo y Productividad:**

*El desarrollo de micro-algas por hectárea es hasta 100 veces mayor y más rápido que el de las plantas terrestres utilizadas para producción de aceite. Actualmente, el bajo costo de los recipientes de plástico hace posible la producción de micro-algas en sistemas cerrados, como por ejemplo reactores tubulares transparentes de plástico.*

*Se han reportado producciones de hasta 50 Gramos de Alga/Día/M<sup>2</sup>. Esto equivale a: 18.25 Kg. de Alga/Año/ M<sup>2</sup>. Y 182,500 Kg. de Alga/Año/Hectárea. Esta producción depende por supuesto de diversos factores entre los que se encuentra la disponibilidad de luz solar.*

*La productividad en las granjas para cultivo de micro-algas se mide en términos de biomasa producida por día y unidad de superficie disponible. La superficie necesaria (hectáreas) estará en relación con la cantidad de bio-combustible que se desea producir. Es en ocasiones conveniente iniciar con proyectos piloto, a fin de tener oportunidad para expandir los cultivos y las experiencias. En este sentido, sería conveniente distribuir los cultivos y producción de micro-algas para minimizar los costos de transportación de la biomasa hacia refinerías.*

#### **Inversión y Costos:**

*Algunos autores estadounidenses estiman que la inversión por hectárea con estanques podría estar entre 40 mil y 60 mil dólares. En algunas propuestas estadounidenses se mencionan estanques con superficie de 8 hectáreas cada uno. En algunos estudios estadounidenses, los costos de operación incluyendo retorno de la inversión se estiman entre 10 mil y 15 mil dólares por hectárea/año. Sin embargo estos datos no reflejan costos reales en condiciones de países en desarrollo donde los costos de operación e inversión podrían ser menores.*

#### **FOTO-BIO-REACTORES**

##### **Mini Reactor:**

*El pequeño foto-reactor se utiliza generalmente para mostrar el desarrollo de Micro-Algas. Las micro-algas puede duplicarse hasta 100% en 24 horas. Es decir, un gramo de micro-algas se convierte dos gramos en 24 horas. En este reactor, debido a su capacidad mínima, resulta difícil separar las algas del agua. Es decir, a través del filtro en la parte inferior del foto-bio-reactor se extrae el agua conjuntamente con algas. Esta masa de agua y algas se pone a secar en horno de vacío para eliminar el agua y obtener únicamente las micro-algas. Es posible cultivar especies de micro-algas que usan agua de fresca o de mar.*

##### **Foto-Bio-Reactor – Unidad para Pruebas:**

###### **Proceso:**

- a) Preparar inoculante (micro-algas).
- b) Llenar el tanque del foto-bio-reactor con agua y nutrientes.
- c) Iniciar la recirculación.
- d) Añadir el inoculante.
- e) Comenzar a suministrar CO<sub>2</sub>.
  - f) Esperar a que la mezcla esté homogénea (verde uniforme).
  - g) Suministrar agua; nutrientes y CO<sub>2</sub> a la mezcla.
  - h) Control del PH en caso necesario.

###### **Estimados para Producir Un Kilogramo de Alga Seca en Unidad de Prueba**

- a) CO<sub>2</sub>: 1.7 Kg.
- b) Agua; 20 a 30 Litros a temperatura entre 22 y 35 °C.
- c) Nutrientes: Nitrógeno 40 Gramos; Fósforo 4.0 Gramos.

**d) Temperatura general entre 18 y 35 °C.**

*Generalmente, la composición de algas (materia seca) contiene alrededor de 46% de Carbón; 10% de Nitrógeno; 1% de Fosfatos. Un kilogramo de alga (materia seca) utiliza hasta 1.7 Kg. de CO<sub>2</sub>, pero normalmente para cálculos se usa 1.0 Kg. de CO<sub>2</sub>. Es posible obtener Bonos de Carbono por el CO<sub>2</sub> absorbido por algas.*

**Secado:**

*El alga puede ser secada al sol, mediante vacío, centrifugas o en invernaderos.*

**Cosecha en Foto-Bio-Reactores:**

*La cosecha de alga (separación de agua y algas) puede efectuarse mediante centrifugación o filtrado. En condiciones óptimas es posible cosechar cada 3. 5 ó 4 horas.*

**Extracción de Aceite:**

*El alga seca retiene sus aceites que pueden extraerse mediante prensado (70 a 75% de aceite se obtiene de la materia seca) y en combinación con solventes como hexano, benceno o éter. Existen riesgos de toxicidad y explosión en el uso de solventes. El hexano se usa mayormente. Después de haberse extraído (expelido) aceite mediante prensado, la pulpa resultante se mezcla con ciclo-hexano para extraer el remanente de aceite. El aceite se disuelve en el ciclo-hexano, y la pulpa se filtra fuera de la solución. La separación de aceite y ciclo-hexano se efectúa mediante destilación. Con la combinación de estos dos procesos (prensado y solventes) es posible obtener alrededor de 90% del aceite contenido en algas.*

**Agua Residual:**

*No es necesario tratar los excedentes de agua después de su uso en el cultivo de alga, sino que se usa nuevamente en el flujo continuo del sistema. Esta agua contendrá en ocasiones residuos útiles de algas. Sin embargo, habrá que añadir CO<sub>2</sub> en cantidad proporcional a la cantidad de agua residual re-utilizada.*

**Calidad del Aceite:**

*La calidad del aceite dependerá de el tipo de algas utilizadas. Así mismo la producción. Generalmente el aceite proveniente de algas puede compararse con el aceite de soya.*

**Pulpa de Algas:**

*La pulpa de algas (post-extracción del aceite) contiene diversos compuestos nutritivos como, ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga; vitaminas y antioxidantes como los betacarotenos. Puede utilizarse en las industrias alimenticias y farmacéuticas porque contienen también esteroides que pueden utilizarse como elementos de construcción de hormonas. Además la cianobacteria es elemento potencial en aplicaciones bio-médicas en compuestos anti-virales, anti-microbiales y anti-cancerígenos. El precio de la pulpa de alga en Holanda oscila entre 1.00 y 3.00 Euros por kilogramo (Juschin 2007).*

**Ciclo de Vida:**



*En condiciones óptimas, sin contaminación, las algas pueden desarrollarse de manera continua. Sin embargo habrá que suministrar periódicamente cultivos de algas al sistema.*

**Crecimiento:**

*Entre 50 y 150 gramos de materia seca por metro cúbico diariamente en condiciones favorables dentro de foto-bio-reactores.*

**Nutrientes Recomendables en el Agua del Cultivo:**

<b>Producto</b>	<b>Gramos/Litro</b>
-----------------	---------------------

<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>1.36</b>
-------------------------------------	-------------

<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>1.00</b>
------------------------------------	-------------

<b>NaCl</b>	<b>1.00</b>
-------------	-------------

<b>MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.20</b>
---	-------------

<b>CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.04</b>
---	-------------

<b>FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.01</b>
---	-------------

<b>EDTA-Na<sub>2</sub></b>	<b>0.08</b>
----------------------------	-------------

<b>K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	<b>0.50</b>
-------------------------------------	-------------

**Micro Nutrientes:**

<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	<b>0.011</b>
------------------------------------	--------------

<b>MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.007</b>
---	--------------

<b>ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.0009</b>
---	---------------

<b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.0003</b>
---	---------------

<b>MoO<sub>3</sub></b>	<b>0.00006</b>
------------------------	----------------

<b>KCr(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.0004</b>
---	---------------

<b>NiSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.0002</b>
---	---------------

<b>(NO<sub>3</sub>)Co.6H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.0002</b>
---	---------------

<b>Na<sub>2</sub>Mo<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O</b>	<b>0.000072</b>
---	-----------------

**Algas para Uso Potencial en la Obtención de Aceite y Pulpa:**

**Alveolates –**

**Dinophyta ,**

*Amphidinium, Ceratium, Cystodinium, Glenodinium, Lingulodinium, Oxyrrhis, Peridinium, Prorocentrum, Pyrocystis, Woloszynskia*

**Charophyta: ver Streptophyta ,**

**Chlorarachniophyta , Euglenophyta –**

**Euglenophyceae**

*Astasia, Colacium, Cyclidiopsis, Distigma, Euglena, Eutreptia, Gyropaigne, Hyalophacus, Khawkinea, Lepocinclis, Menoidium, Parmidium, Phacus, Rhabdomonas, Trachelomonas*

**Chlorarachnion**

**Chlorophyta – Chlorophyceae s.l.**

*Actinastrum, Actinochloris, Amphikrikos, Ankistrodesmus, Ankyra, Aphanochaete, Asterarcys, Asterococcus, Asteromonas, Astrephomene, Atractomorpha, Axilosphaera, Binuclearia, Borodinellopsis, Botryococcus, Brachiomonas, Bracteacoccus, Carteria, Chaetonema, Chaetopeltis, Chaetophora, Chamaetrichon, Characiochloris, Characium, Chlamydocapsa, Chlamydomonas, Chlamydropodium, Chlorella, Chlorochytrium, Chlorocloster, Chlorococcum, Chlorogonium, Chloromonas, Chlorosarcina, Chlorosarcinopsis, Chlorosphaeropsis, Chlorotetraedron, Choricystis, Cladophora, Cloniophora, Closteriopsis, Coccobotrys, Coelastrella, Coelastropsis, Coelastrum, Coenochloris, Coleochlamys, Coronastrum, Crucigenia, Crucigeniella, Cylindrocapsa, Cylindrocapsopsis, Cystomonas, Dactylococcus, Deasonia, Desmactractum, Desmodesmus, Diacanthos, Dicloster, Dicranochaete, Dictyochloris, Dictyococcus, Dictyosphaerium, Didymocystis, Didymogenes, Dilabifilum, Dimorphococcus, raparnaldia, Dunaliella, Dymorphococcus, Echinocoleum, Elakatothrix, Enallax, Eremosphaera, Ettlia, Eudorina, Fasciculochloris, Fernandinella, Follicularia, Fottea, Franceia, Fritschiella, Fusola, Geminella, Gloeococcus, Gloeomonas, Gloeotila, Golenkinia, Gonium, Granulocystis, Granulocystopsis, Haematococcus, Hazenia, Hemichloris, Heterochlamydomonas, Heterotetracystis, Hormidiospora, Hyalogonium, Hyaloraphidium, Hydrodictyon, Interfilum, Kentrosphaera, Keratococcus, Kirchneriella, Koliella, Komarekia, Lagerheimia, Lobocystis, Lobomonas, Macrochloris, Marvania, Micractinium, Microspora, Monoraphidium, Muriella, Mychonastes, Nautococcus, Neglectella, Neochloris, Neodesmus, Neospongiococcum, Nephrochlamys, Nephrocytium, Nephrodiella, Oedogonium, Oocystella, Oonephris, Pabia, Pachycladella, Palmellopsis, Palmodictyon, Pandorina, Paradoxia, Pascherina, Paulschulzia, Pectodictyon, Pediastrum, Pedinomonas, Phacotus, Pilina, Planctonema, Planktosphaeria, Planophila, Pleodorina, Pleurastrum, Pleurococcus,*

**Glaucophyta – Glaucophyceae**

*Cyanophora, Cyanoptycha, Glaucocystis, Gloeochaete*

**Haptophyta – Haptophyceae**

*Apistonema, Chrysochromulina, Coccolithophora, Corcontochrysis, Cricosphaera, Emiliana, Isochrysis, Pavlova, Prymnesium y Ruttnera*

**Heterokontophyta** – Bacillariophyceae

*Amphiprora, Asterionella, Coscinodiscus, Cyclotella, Fragilaria, Gomphonema, Navicula, Nitzschia, Phaeodactylum, Pinnularia, Skeletonema, Stephanodiscus, Stephanopyxis, Thalassiosira*

**Heterokontophyta** – Chrysophyceae

*Anthophysa, Chlamydomyxa, Chromulina, Chrysocapsa, Chrysonebula, Ochromonas, Poterioochromonas*

**Heterokontophyta** – Dictyochophyceae: *Pseudopedinella*

**Heterokontophyta** – Eustigmatophyceae

*Chloridella, Ellipsoidion, Eustigmatos, Goniochloris, Monodopsis, Monodus, Nannochloropsis, Pseudocharaciopsis, Pseudoellipsoidion, Pseudostaurastrum, Tetraedriella, Vischeria*

**Heterokontophyta** – Phaeophyceae

*Ploeotila, Polyedriopsis, Polytoma, Polytomella, Prasiococcus, Protoderma, Protosiphon, Pseudendoconiopsis, Pseudochlorella, Pseudodictyosphaerium, Pseudodidymocystis, Pseudokirchneriella, Pseudopleurococcus, Pseudoschroederia, Pseudostichococcus, Pteromonas, Pyramimonas, Pyrobotrys, Quadricoccus, Quadrigula, Radiofilum, Radiosphaera, Rhopalosolen, Scenedesmus, Schizochlamys, Schizomeris, Schroederia, Schroederiella, Scotiellopsis, Siderocystopsis, Sorastrum, Spermatozopsis, Sphaerellocystis, Sphaerellopsis, Sphaerocystis, Sphaeroplea, Spongiocloris, Spongiococcum, Stephanosphaera, Stigeoclonium, Tetracystis, Tetradesmus, Tetraeadron, Tetradron, Tetrallantos, Tetraselmis, Tetraspora, Tetrastrum, Treubaria, Trichosarcina, Trochiscia, Trochisciopsis, Urnella, Uronema, Viridiella, Volvox, Volvulina, Westella, Willea*

**Chlorophyta** – Prasinophyceae

*Mantoniella, Micromonas Nephroselmis, Pseudoscourfieldia, Scherffelia, Tetraselmis*  
*Chlorophyta – Trebouxiophyceae Actinastrum, Amphikrikos, Apatococcus, Asterochloris, Auxenochlorella, Chlorella, Choricystis, Coccomyxa, Coenocystis, Desmococcus, Dictyochloropsis, Diplosphaera Elliptochloris, Jaagiella, Leptosira, Lobococcus, Makinoella, Marvania, Microthamnion, Muriella, Myrmecia, Nannochloris, Oocystis, Prasiola, Prasiolopsis, Prototheca, Stichococcus, Tetrachlorella, Trebouxia, Trichophilus Watanabea*

**Chlorophyta** – Ulvophyceae

*Acrochaete, Acrosiphonia, Anadyomene, Bryopsis, Cephaleuros, Chlorocystis, Cladophoropsis, Dangemannia, Enteromorpha, Gloeotilopsis, Halochlorococcum,*

*Ostreobium, Pirula, Pithophora, Planophila, Pseudendoclonium, Trentepohlia, Trichosarcina, Ulothrix*

**Cryptophyta** – Cryptophyceae

*Chilomonas, Chroomonas, Cryptomona, Guillardia, Pyrenomonas*

**Cyanobacterias**

*Anabaena, Anabaenopsis, Aphanizomenon, Aphanocapsa, Aphanothece, Arthronema, Arthrospira, Calothrix, Chamaesiphon, Chlorogloea, Chlorogloeopsis, Chroococciopsis, Chroococcopsis, Chroococcus, Crinalium, Cyanothece, Cyndrospermopsis, Cyndrospermum, Dermocarpella, Dichothrix, Eucapsis, Fischerella, Fremyella, Gloeobacter, Gloeotheca, Gloeotrichia, Gomphosphaeria, Hormosilla, Hydrocoleus, Limnothrix, Lyngbya, Mastigocladus, Merismopedia, Microchaete, Microcoleus, Microcystis, Myxosarcina, Nodularia, Nostoc, Nostochopsis, Oscillatoria, Petalonema, Phormidium, Planktothrix, Plectonema, Pleurocapsa, Prochlorothrix, Pseudanabaena, Rhabdogloea, Scytonema, Spirulina, Stanieria, Starria, Stigonema, Symploca, Synechococcus, Synechocystis, Tolypothrix, Tychonema, Westiellopsis, Xenococcus*

**Heterokontophyta** – Chrysophyceae

*Anthophysa, Chlamydomyxa, Chromulina, Chrysocapsa, Chrysonebula, Ochromonas, Poteriochromonas*

**Heterokontophyta** – Dictyochophyceae: *Pseudopedinella*

**Heterokontophyta** – Eustigmatophyceae

*Chloridella, Ellipsoidion, Eustigmatos, Goniocloris, Monodopsis, Monodus, Nannochloropsis, Pseudocharaciopsis, Pseudoellipsoidion, Pseudostaurastrum, Tetraedriella, Vischeria*  
**Heterokontophyta – Phaeophyceae** *Asterocladon, Bodanella, Dictyota, Ectocarpus, Halopteris, Heribaudiella, Pleurocladia, Porterinema, Pylaiella, Spermatochnus, Sphacelaria, Waarniella*  
**Heterokontophyta – Phaeothamniophyceae**  
*Phaeobotrys, Phaeothamnion*

**Heterokontophyta** – Raphidophyceae

*Heterosigma, Olisthodiscus, Vacuolaria*

**Heterokontophyta** – Synurophycea

*Mallomonas, Synura*

**Heterokontophyta** – Xanthophyceae

*Botrydiopsis, Botrydium, Bumillria, Bumilleriopsis, Characiopsis, Chlorellidium, Chlorobotrys, Heterococcus, Mischochoccus, Ophiocytium, Pleurochloris,*

*Pseudobumilleriopsis, Pseudopleurochloris, Sphaerosorus, Tribonema, Vaucheria, Xanthonema*

**Rhodophyta** – Rhodophyceae

*Acrochaetium, Antithamnion, Antithamnionella, Audouinella, Balbiania, Bangia, Batrachospermum, Bonnemaisonia, Bostrychia, Callithamnion, Caloglossa, Ceramium, Chroodactylon, Chroothece, Compsopogon, Compsopogonopsis, Cyanidium, Dasya, Dixoniella, Entocladia, Erythrocladia, Erythrothrychia, Erythrotrichia, Flintiella, Galdieria, Gelidium, Glaucosphaera, Goniotrichum, Hildenbrandia, Membranoptera, Nemalionopsis, Neoagardhiella, Porphyra, Porphyridium, Pseudochantransia, Rhodella, Rhodochaete, Rhodosorus, Rhodospora, Thorea*

**Streptophyta (Charophyta)** – Chlorokybophyceae: *Chlorokybus*

**Streptophyta (Charophyta)** – Coleochaetophyceae: *Coleochaete*

**Streptophyta (Charophyta)** – Klebsormidiophyceae: *Klebsormidium*

**Streptophyta (Charophyta)** – Mesostigmatophyceae

*Chaetosphaeridium, Mesostigma*

**Streptophyta (Charophyta)** – Zygnematophyceae

*Actinotaenium, Arthrodesmus, Bambusina, Closterium, Cosmarium, Cosmocladium, Cylindrocystis, Desmidium, Euastrum, Genticularia, Gonatozygon, Heimansia, Hyalotheca, Mesotaenium, Micrasterias, Mougeotia, Netricum, Onychonema, Penium, Phymatodocis, Pleurotaenium, Roya, Sphaerososma, Spirogyra, Spondylosium, Staurastrum, Staurodesmus, Tetmemorus, Teilingia, Triploceras, Xanthidium, Zygnema.*

#### **Carbohidratos Productividad**

<b>Producto</b>	<b>Litros/Ha.</b>
<b>Soya (granos)</b>	<b>400</b>
<b>Mostaza</b>	<b>1300</b>
<b>Jatropha</b>	<b>1600</b>
<b>Palma de Aceite</b>	<b>6000</b>
<b>Algas</b>	<b>50,000</b>

**Datos promedio obtenidos de varias fuentes.**