



**TESIS DE GRADO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIO Y PLAN DE NEGOCIOS PARA EL  
DESARROLLO DE UNA PLANTA DE  
BIORREACTORES DE MICROALGAS.**

**Autor: Pedro Biaiñ  
Director de Tesis: Ing. Daniel Miguez**

**Año 2010**



A mis padres que me apoyaron incondicionalmente en este viaje que fue mi educación y que me ofrecieron todos los recursos que tuvieron a su alcance.

A mis amigos, a mis socios, y a las personas importantes en mi vida por su ayuda y apoyo.

A mi tutor por su entusiasmo y motivación que en su momento me abrieron las puertas del emprendedorismo y todas las cosas hermosas que ello tiene y por las que vale la pena luchar.

“En las dificultades de la vida pierde el que se entrega resignado y no gana el que lucha totalmente, pretendiendo lo imposible. Gana el que lucha con constancia y con cordura, proponiéndose lo que es posible”

René Juan Trossero



---

## Sumario Ejecutivo

El equipo se encuentra integrado por ingenieros con experiencia en el mercado energético, comercio exterior, logística y gerenciamiento de empresas. El proyecto ha sido premiado en las siguientes competencias:

Universidad Austral: primer premio idea de negocio 2010 competencia Naves del IAE.

BID Challenge Argentina: Primer premio a la Empresa con Mayor Impacto Ambiental Positivo

Bapro-Endeavor: Primer premio competencia idea de negocios.

Santander Rio: Segundo premio jóvenes emprendedores.

Actualmente la empresa se encuentra incubada en Baitec y busca ultimar un convenio de investigación con una importante universidad privada.

Algae Liquor es una compañía que desarrollará soluciones y productos para la Industria Energética y alimenticia animal.

El negocio del startup Algae Liquor consiste en la producción y venta de aceite vegetal como materia prima para la elaboración de biodiesel, conjuntamente con proteína vegetal como suplemento alimenticio para el mercado ganadero.

La innovación del negocio radica en la forma de producción de aceite a partir de microalgas cultivadas en fotobiorreactores.

Los biorreactores estarán diseñados con materiales de bajo costo y disponibilidad a nivel local, con el fin de alcanzar precios equivalentes a los de aceite y pellets de soja, productos presentes hoy en el mercado. Los prototipos y sus componentes son susceptibles de ser patentados.

---

Hay una preocupación creciente a nivel mundial por temas medio ambientales. Es en este contexto, que el proyecto hace especial énfasis en las tecnologías verdes apoyándose también en legislación nacional e internacional que avala dichas iniciativas.

La intención es posicionarse en el mercado de aceites vegetales como materia prima para la producción de biodiesel y el mercado alimenticio animal utilizando para su producción una tecnología a la que no se tiene acceso actualmente en Argentina. El aceite de alga tiene características de commodity como insumo para la industria de biodiesel. La proteína vegetal de alga tiene un alto contenido de proteínas, sales, minerales y vitaminas de calidad superior al ofrecido actualmente en el mercado.

Se encuentra una oportunidad en:

- La necesidad creciente de energías renovables alternativas y otro tipo de tecnologías con mayor rendimiento y eficiencia que las actuales en la producción de biomasa.
- El nuevo mercado local, generado a partir de la Ley 26.093 de Biocombustibles vigente a partir del 2010, con un reciente incremento al 7% del corte y un incremento potencial a futuro del 10%.<sup>1</sup>
- El creciente costo de explotación de los combustibles fósiles y la necesidad de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El sostenido aumento en la demanda de aceites vegetales para alimentos y combustibles derivados a nivel mundial.

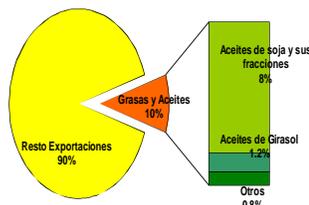
Para que el emprendimiento sea exitoso es necesario tener un desarrollo eficaz de la tecnología. Se necesita conocimiento, investigación, experimentación, seguimiento y control de resultados adecuados que se llevarán a cabo paralelamente tanto en la universidad privada mencionada anteriormente como en el testeado de la planta piloto a escala en el campo.

El aceite producido se utiliza como insumo para la producción de biocombustibles de 3ra generación. La forma de comercialización primaria se basa en establecer contratos comerciales de proveeduría de aceite a plantas productoras de biodiesel. Ya se ha tenido contacto con productores de biodiesel interesados en adquirir el producto.

---

<sup>1</sup> (Res 554/2010 SE).

Los pellets de algas se comercializarán con productores ganaderos de feedlots. La proteína vegetal viene a ser un producto sustituto y complementario del núcleo proteico presente en los alimentos balanceados.



### Ventajas Competitivas.

- La alta productividad de esta tecnología por unidad de superficie con un rendimiento estimado hasta 30 veces superior a la soja.
- Cultivo y cosecha continua (ciclos de 15 días aproximadamente)
- Tecnología patentable.
- Proyecto de bajo impacto ambiental
- La tecnología puede ser instalada en zonas desérticas, tierras infértiles bajo valor o zonas industriales (sinergia en absorción de emisiones), lo cual posibilita cercanía con el mercado de consumo, abaratamiento de costos y generación de empleos en zonas no productivas.
- La proteína vegetal de alga es un producto de mayor valor nutritivo por unidad de masa que el ofrecido actualmente en el mercado para alimentación bovina.

### El Modelo de Negocio, la Rentabilidad y la Oportunidad de Retorno.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
<b>Ventas</b>	1.027.011	2.658.299	5.424.306	11.527.072	12.407.942	12.842.219	13.291.697	13.756.907
<b>EBIT</b>	-193.190	377.827	1.471.908	5.684.173	6.507.489	6.882.200	9.257.401	9.658.800
<b>Resultados</b>	-228.482	313.504	957.390	3.695.363	4.230.518	4.474.080	6.017.960	6.278.870

Período de repago: 4 años

TIR 8 años: 30%



## Executive summary

Algae Liquor is a team of engineers with experience in the fields of energy, logistics, international commerce and management. The project has been awarded in prestigious business competitions such as:

Universidad Austral: First Prize Business idea competition 2010 Naves IAE.

BID Challenge Argentina: First prize company with more environmental impact.

Bapro-Endeavor: First Prize Business idea competition 2010.

Santander Rio: Second prize in entrepreneurship.

Currently the company is located in Baitec and is about to close an investigation and development agreement with a private university.

Algae Liquor is a company that will develop biochemical solutions for the biofuel and animal food industry.

The core business consists in the production and supply of vegetal oil and vegetal protein for the Biofuel and food Industries. One of the by-products will be commercialized as a protein supplement for the feedlot industry.

The innovative aspect of this project doesn't come from the products but by the technology and the way in which they are produced. The products are obtained out of Algae growth in bioreactors. This type of technology is not available in Argentina yet at a large scale.

Photobioreactors are designed with low cost materials which are locally manufactured. The prototypes and components are susceptible of registration.

There's a growing concern worldwide for environmental issues such as the greenhouse effect. It's in this context that this project makes special

---

emphasis in green technologies, being backed up also by recent avoiding laws such as the 26.093.

The aim is to position the product in the vegetable oil market destined to produce biofuels and to offer an alternative high quality product for the productive animal food industry. Algae oil can be produced as a commodity level with no extra charges for the biodiesel industry. Regarding the protein cake it has more proteins, minerals and vitamins per kg than soy and other types of pellets.

Opportunities:

The growing need for alternative sources of energy and better and more efficient types of technologies.

The new biofuel market established upon the 26.093 law became active in the beginning of 2010 and is currently evolving.

The recurrent rise in the prices of fossil fuels and the growing need to diminish CO<sub>2</sub> emissions.

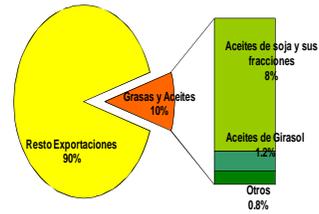
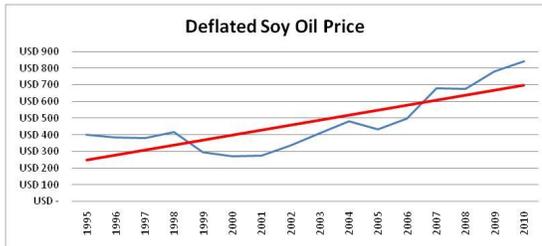
The increasing shortage of vegetal oil feedstocks and the competition with human food and fuels worldwide.

An efficient development of the technology is crucial. Research, investigation and experimentation is to be done in a parallel way in a private university laboratories as well as in the fields in which the technology will be implemented.

Due to its ecological nature the project could be able to apply to green bonds.

The main product is the algae oil which is going to be commercialized in first instance with biodiesel producers by private agreements. Biodiesel producers are already interested in acquiring the product and willing to sign a contract in order to do so.

Algae pellets will be sold to feedlot producers mainly. Algae nutritional supplement for animal feed proves to have higher protein density than soy pellets. Nevertheless it's expected to be sold at a commodity price.



Competitive advantages.

- Up to 30 times higher yield than conventional soy crops.
- Continuous harvesting.
- Patentable tech.
- Low environmental impact project.
- The technology can be installed in deserted, low value areas or industrial areas. This enables CO2 emissions reduction, lower logistical and manufacturing costs.

The business model.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
<b>Ventas</b>	1.027.011	2.658.299	5.424.306	11.527.072	12.407.942	12.842.219	13.291.697	13.756.907
<b>EBIT</b>	-193.190	377.827	1.471.908	5.684.173	6.507.489	6.882.200	9.257.401	9.658.800
<b>Resultados</b>	-228.482	313.504	957.390	3.695.363	4.230.518	4.474.080	6.017.960	6.278.870

Payback period: 4 years.

IRR 8 years: 30%



---

**ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>3</b>
Mercado objeto.....	3
Tendencias de mercado.....	6
Dimensión del mercado .....	8
Competencia .....	15
La industria de producción de algas.....	15
Los cultivos que compiten con las algas .....	17
Perfil y necesidades del Cliente .....	20
Encuesta a productores de biodiesel .....	20
Encuesta a productores ganaderos de Feedlot .....	22
Proyección del precio futuro del aceite.....	24
<b>ESTUDIO DE INGENIERIA .....</b>	<b>33</b>
Qué es un biorreactor .....	33
Tipos de tecnologías.....	33
Las algas y su rendimiento.....	37
Capacidad de extracción de aceite de las algas.....	39
El Concepto.....	41
Esquema de diseño .....	41
El laboratorio en Baitec.....	42
Proceso de producción de aceite de microalgas.....	43
Ciclos de producción .....	44
Esquema de planta modelo a escala para producción de microalgas. ....	45
Cronograma de implementación .....	47
Equipamiento y Obras de infraestructura .....	48
Macrolocalización potencial de la Planta.....	50
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....</b>	<b>51</b>
<b>IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL .....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>PÁGINAS DE INTERNET .....</b>	<b>69</b>



## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente el mercado mundial se encuentra en escasez de oferta de aceites. Esto se debe a múltiples razones. Una es la falta de infraestructura para acompañar el desarrollo demográfico y las crecientes necesidades alimenticias. Otro es la competencia entre alimentos y la creciente demanda de biocombustibles como ser el biodiesel y el etanol. Las proyecciones a futuro pronostican un futuro conflicto en la cantidad de tierra cosechable y la cantidad demandada de alimentos y biocombustibles.

Es en este contexto que surge la necesidad de generar tecnologías alternativas más eficientes para la generación de combustibles, aceites y alimentos.

Una tecnología creciente y en desarrollo es el cultivo de algas. Si bien el producto final proveniente del cultivo de algas tiene diversas aplicaciones, el objeto de este trabajo es evaluar la viabilidad y factibilidad del desarrollo de la tecnología de biorreactores de algas para la producción de aceite y proteína vegetal.

A su vez se busca establecer los parámetros bajo los cuales este emprendimiento será rentable, lo cual dependerá de diversos factores como ser las barreras de acceso al mercado de aceites, los precios proyectados y las cuestiones técnicas relevantes a la producción a escala de algas en bioreactores como así también sus costos asociados.



---

## **ESTUDIO DE MERCADO**

### **Mercado objeto**

La industria argentina de biodiesel está evolucionando a una configuración con tres clases o “castas” de productores, cada una con condiciones especiales que la diferencian de las otras. Aunque en algunos casos los límites entre ellas no son tan claros, no hay duda de que existen diferencias significativas entre los participantes de mercado.

### **Clases de productores**

El primer grupo está conformado por las grandes aceiteras que poseen plantas propias de biodiesel: cuentan con ubicaciones estratégicas sobre los puertos, facilidad de acceso a capital de trabajo, un alto nivel de profesionalismo y redes internacionales de logística y producción altamente desarrolladas. Se diferencian por tener acceso directo a la materia prima. Entre éstas se encuentran emprendimientos como; Renova (Vicentin junto con Glencore); Ecofuel (Aceitera General Dehesa y Bunge); LDC Argentina (Dreyfus); y Molinos Rio de la Plata. La capacidad instalada de este grupo llega a unas 850.000 toneladas/año en el 2009.

La segunda clase está conformada por plantas grandes pero que no están directamente asociadas con una aceitera (los “Independientes Grandes”). Cuentan en su haber con inversores fuertes y plantas de excelente calidad (típicamente de tecnología extranjera), pero sufren la debilidad de no contar con materia prima propia. Si bien algunos han incursionado en el desarrollo de cultivos oleaginosos de segunda generación como la jatropha para reducir esta dependencia, gran parte de estos emprendimientos están comenzando a trabajar cada vez más bajo acuerdos de tipo fazón para las aceiteras. Entre estas se encuentran empresas como Unitec Bio, Explora, y Patagonia Bioenergía. La capacidad instalada de este grupo llega a unas 570.000 toneladas/año.

La tercera clase corresponde a las plantas medianas y pequeñas independientes (los “Independientes Chicos”). Están fabricadas con tecnología nacional. Por ser emprendimientos más pequeños, no poseen en general suficiente capital de trabajo para financiar una exportación, lo cual se

---

complica con el reembolso adicional del IVA. Entre este grupo se encuentran Soyenergy, Biomadero, Derivados San Luis, Pitey, Energías Renovables Argentinas y Rosario Bioenergy entre varios más. La capacidad instalada de este grupo llega a aproximadamente 200.000 toneladas/año.

La Ley de biocombustibles 26.093 beneficia a este último grupo dándole prioridad en el cupo nacional. A su vez, es el que puede obtener el mayor crecimiento en los próximos años, ya que los proyectos de expansión de los otros dos grupos se encuentran en standby debido a la inestabilidad de la economía global y a los roces comerciales que existen con Europa y Estados Unidos.<sup>2</sup>

La capacidad instalada de la industria del biodiesel a finales de 2009, fue de 2.306.700 toneladas anuales. El 64% de la capacidad instalada está concentrada en 6 empresas, mientras que el resto del mercado está compuesto por 27 empresas, de las cuales 14 tienen menos de 20.000 toneladas de capacidad con 222.700 toneladas en total. Es este último el **mercado objeto**.

---

<sup>2</sup> 2009 Cámara Argentina de Energías Renovables/CADER Septiembre 2009 Página 8

## **Mercado Ganadero**

El mercado de feed lots es el otro mercado objeto.

Para el 2009 se estima que 2.500.000 cabezas se criaron en feed lots.<sup>3</sup>

Este es un mercado con tendencia creciente.

Si se tiene en cuenta que por cabeza se consumen de 700 a 1000 gramos de núcleo y 7 kg de alimento balanceado, se estarían hablando de 1750 a 2500 Toneladas anuales de pellets de soja destinadas como proteínas para alimento bovino.

### Otros mercados potenciales

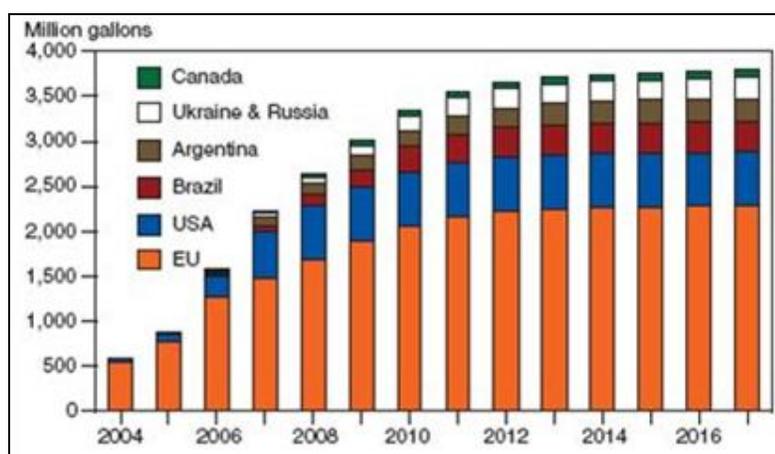
- Alimenticio humano: Suplementos dietarios, proteínas, aceites vegetales
- Cosmética: Cremas anti-acné, máscaras, cicatrizantes
- Industria: Pigmentos, Fertilizantes
- CO2: Mercado de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs), bajo el programa Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)

---

<sup>3</sup> Datos estimativos obtenidos de la Cámara Argentina de Feed lot.

## Tendencias de mercado

La tendencia de producción de biodiesel a nivel mundial queda reflejada en la siguiente gráfica.



Fuente: USDA

Por otra parte la comunidad europea ha establecido a través de la "Directiva de Energías Renovables 2009"<sup>4</sup>, la obligatoriedad para que todos sus miembros reglamenten un sistema de certificación de "biocarburante sostenible", con un límite de tiempo fijado el 05/12/2010. La ley comunitaria exige inicialmente un 35% de eficiencia energética con respecto a la línea base correspondiente al combustible fósil equivalente. Luego se prevee incrementar el ahorro al 50% en enero de 2017. Para el cálculo de este requisito se consideran emisiones procedentes de: extracción o cultivo de las materias primas, modificaciones del uso del suelo (año base 2008), proceso de producción, transporte y distribución, además de las propias del biocarburante. Por otro lado, se pueden descontar emisiones por: captura y retención del carbono, acumulación de carbono en el suelo, captura y sustitución del carbono y reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración.

Por ejemplo, la norma establece que un biodiesel de soja tiene una reducción de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) de 40% sin contar efectos debidos al cambio del uso del suelo, es decir, para una producción agrícola previa a 2008.

<sup>4</sup> Directiva número 28 del año 2009

---

En el mercado Argentino, en la actualidad el corte de gasoil con biocombustibles es del 7%<sup>5</sup> y se estima que será del 10% en el año 2011. Para cumplir con ese nuevo objetivo la Secretaría de Energía nacional amplió el cupo interno de ese biocombustible en 212.896 toneladas. En 2010 cerca de 1,10 millones de toneladas de biodiesel serán comercializadas en el mercado interno.<sup>6</sup>

La previsión es que para el año 2015 la Argentina tenga una capacidad de producción de biodiesel de 5,6 millones de toneladas.<sup>7</sup>

Estas son las directivas del mercado mundial de biodiesel a futuro, para que los productores de biodiesel exportadores busquen nuevas formas de producción y obtención de materias primas más eficientes, siendo nuestro producto una opción viable para la captura de emisiones.

---

<sup>5</sup> Resolución 554/2010 Secretaría de Energía

<sup>6</sup> Claudio Molina, director de la Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno.  
<http://biodiesel.com.ar/tag/claudio-molina>.

<sup>7</sup> Colombres, M; 2010. Biocombustibles, una nueva frontera para la producción. En  
<http://biodiesel.com.ar>

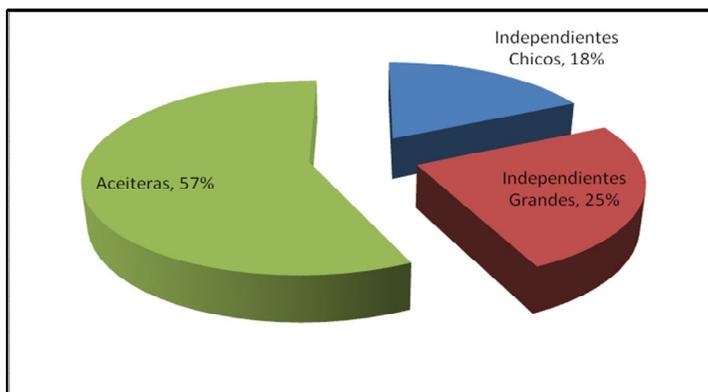
## Dimensión del mercado

A continuación se muestran las plantas en actividad y sus respectivas expansiones y volúmenes de producción hasta el 2009. Como puede apreciarse un significativo volumen de plantas “chicas” se han sumado al mercado del biodiesel a partir de dicho año. Estas últimas, por una política proteccionista del gobierno tiene una asignación absoluta al mercado local, lo cual le genera beneficios impositivos y precios superiores de venta de biodiesel respecto a los valores de exportación.

Empresa	2006	2007	2008	2009
Vicentin SA	48.000	48.000	48.000	48.000
Biomadero SA	30.000	30.000	30.000	30.000
Pitey SA	30.000	30.000	30.000	30.000
Soyenergy SA	24.000	24.000	24.000	24.000
Advanced Organic Materials SA	16.000	16.000	70.000	70.000
Biodiesel SA	7.000	7.000	7.000	7.000
Renova SA		200.000	200.000	400.000
Ecofuel SA		200.000	200.000	200.000
Energía Sanluisiense Refinería Arg SA		30.000	30.000	30.000
LCD Argentina SA			300.000	300.000
Unitec Bio SA			200.000	200.000
Explora			120.000	120.000
Molinos Río de la Plata SA			100.000	100.000
Diferoil SA			30.000	30.000
Ricard Set Energías Renovables SA			18.000	18.000
Héctor Bolzan & Cía SA			7.200	7.200
Energías Renovables Argentinas SA			6.500	6.500
B. H. Biocombustibles SRL			4.000	4.000
Patagonia Bionenergía SA				250.000
Viluco SA				100.000
Molyagro SA				40.000
Sojacor SA				40.000
Rosario Bio Energy SA				36.000
Santa Fe Bioenergy SA				36.000
Fideicomiso Pilar				20.000
Cooperativa Productores del Sur				20.000
Alimentos Tancacha				20.000
La campaña Agroenergía SA				20.000
Pronor SA				20.000
Agroalimentos Laboulaye SA				20.000
Exporsoja SA				20.000
Bisudecor SA				20.000
Agrocereal SA				20.000
<b>Capacidad de Producción</b>	<b>155.000</b>	<b>585.000</b>	<b>1.424.700</b>	<b>2.306.700</b>

Fuente: Fundación Exportar sobre datos de la Cámara Argentina de Energías Renovables

De la siguiente gráfica se puede deducir la distribución por capacidad en volumen de producción de biodiesel en Argentina en función de los grupos anteriormente citados.



Fuente: Cader

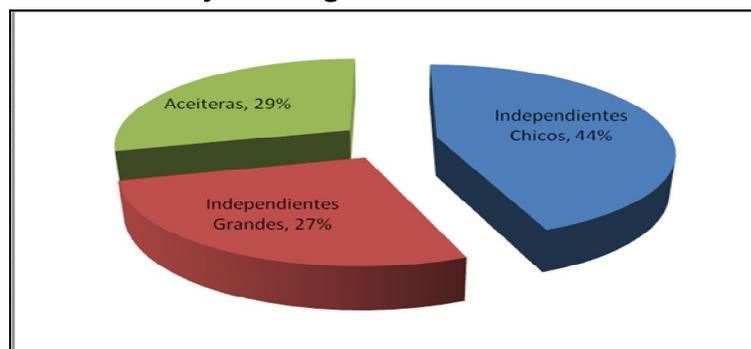
A raíz de la aplicación de la ley 26.093 se creó el 'Cupo Nacional' para cubrir el mercado local. La Resolución 7/2010 de la Secretaría de Energía, definió la ecuación para el pago del Biodiésel en el mercado interno y fue firmada por las 19 empresas elaboradoras de biocombustibles que cubrirán las 859.820 toneladas anuales dispuestas para cubrir el corte obligatorio del 5% que en Julio del 2010 fue ampliado a un 7%.

(en toneladas/año)	Capacidad Instalada	Producción ofrecida para Cupo	Producción asignada por SE	Disponible para mercado exportación	% capacidad destinado al cupo	Relación de oferta a asignado
Renova	480.000	144.000	33.750	446.250	7%	23%
Dreyfus	300.000	84.000	27.500	272.500	9%	33%
Patagonia Bioenergía	250.000	84.000	33.130	216.870	13%	39%
Ecofuel	220.000	72.000	29.108	190.892	13%	40%
Unitec	220.000	230.000	113.097	106.903	51%	49%
Viluco	200.000	200.000	108.594	91.406	54%	54%
Explora	120.000	120.000	89.091	30.909	74%	74%
Molinos	100.000	36.000	27.810	72.190	28%	77%
Diaser	96.000	96.000	79.459	16.541	83%	83%
Biomadero	72.000	48.000	44.152	27.848	61%	92%
Vicentín	64.000	24.000	23.928	40.072	37%	100%
Aripar	50.000	50.000	50.000	0	100%	100%
AOMSA	48.000	48.000	48.000	0	100%	100%
Maikop	40.000	40.000	40.000	0	100%	100%
Rosario Bioenergy	36.000	36.000	36.000	0	100%	100%
Diferoil	30.000	30.000	30.000	0	100%	100%
Pitey	18.000	18.000	18.000	0	100%	100%
Soyenergy	18.000	18.000	18.000	0	100%	100%
Ecopor	10.200	10.200	10.200	0	100%	100%
<b>TOTALES</b>	<b>2.372.200</b>	<b>1.388.200</b>	<b>859.819</b>	<b>1.512.381</b>		

Fuente: Cader

Debido a dicha ampliación se totalizan 1.073.000 toneladas para abastecer el mercado interno<sup>8</sup>, del cual casi la mitad será provista por productores independientes chicos como puede apreciarse a continuación.

### Porcentaje de asignación del mercado local



Fuente: Cader

Esto implica que todos los productores chicos tienen prácticamente la totalidad de su producción comprometida con el mercado local. Tienen un cliente asegurado con precios de venta diferenciales por no tener retenciones dado que se respeta dicha política a nivel nacional.

### Localización

La industria de producción de biodiesel en Argentina, concentra sus principales plantas en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires.

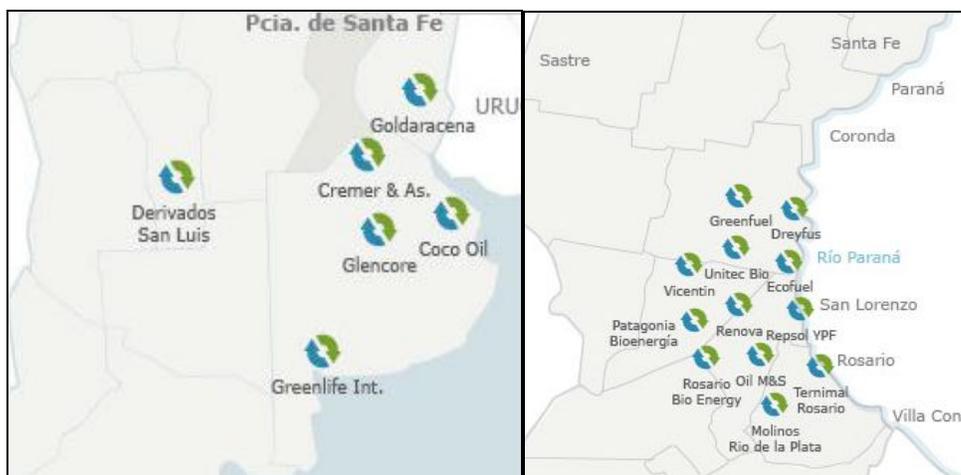
Se puede apreciar en la figura a continuación que:

Las aceiteras se posicionan en la provincia de Santa Fe, ya que ésta es una posición estratégica para la salida a mercados de exportación. La profundidad de la hidrovía Paraguay-Paraná permite la navegación y carga de buques de gran porte con menores costos de transporte.

Una cantidad significativa de pequeños y medianos productores se ubican en las provincias de Córdoba y Buenos Aires. Nueve de los catorce

<sup>8</sup> Nextfuel: <http://biodiesel.com.ar/3757/argentina-comenzo-a-regir-el-nuevo-corte-obligatorio-de-gasoil-con-biodiesel-del-7>

productores chicos se ubican en la provincia de Córdoba si bien no puede apreciarse en la gráfica.



Fuente: <http://www.argentinarenovables.org>

## **Análisis Foda**

### Fortalezas

Ventajas y beneficios del producto:

La capacidad de producción de aceite de alga por unidad de superficie ser 40 veces superior que la producción de aceite de soja por Hectárea por año.<sup>1</sup>

La tecnología planteada tiene un bajo impacto ambiental y el proyecto puede aplicar para bonos de carbono ya que las algas consumen CO<sub>2</sub> en grandes cantidades reduciendo el impacto de este gas en la atmósfera

A diferencia de otras tecnologías para cultivar materia prima susceptible de producir aceites, puede ser instalado en zonas desérticas donde las tierras son infértiles y de bajo valor.

El biodiesel creado con aceite de alga es menos estable (por su composición lipídica), lo que lo hace más resistente a bajas temperaturas en comparación con el biodiesel de aceite de soja u otros aceites cuyo punto de solidificación es relativamente bajo en comparación (provocando problemas de arranque en épocas de frío).

Las algas y sus derivados no compiten por la producción de alimentos humanos.

Las tecnología basada en algas tiene un vasto campo de aplicación: Combustibles, Alimento Balanceado, Cosmética, Pigmentos, Fertilizantes, (farmacéutica y bioquímica) y extracción de CO<sub>2</sub> de industrias.

---

<sup>1</sup>Rendimiento extraído de la página de synthetic genomics.

### Debilidades

La incertidumbre respecto a los tiempos de experimentación de reproducción de las algas y su posterior escalamiento.

La potencial contaminación de cultivos de algas que pudieran destruir toda la materia prima de una serie.

La generación de nueva tecnología adaptada a los procesos de cultivo, cosecha y secado de las algas.

### Amenazas

La tecnología puede llegar a no ser rentable dependiendo de los precios y condiciones externas de mercado a futuro ya que el producto comercializable es un commodity.

Potenciales retrasos en patentamientos y certificaciones.

Surgimiento de una tecnología alternativa más eficiente.

### Oportunidades

El aceite como insumo para producir biocombustibles, constituye una alternativa de menor costo, frente al habitual empleo de aceite de soja.

La ley 26.093 establece la obligación de contar con un corte de 7% de biodiesel en el diesel, valor que se está extendiendo al 10% para inicios del 2011 con miras a que exista una serie de incrementos escalados.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Resolución 554/10 de la Secretaría de Energía

Las condiciones particularmente favorables de terreno y clima local para este tipo de tecnología.

La proteína vegetal como suplemento de alimento para ganado, supera en calidad nutritiva al alimento elaborado a base de soja y que actualmente es el producto de mayor volumen de exportación del país.

Potencial inserción en el Mercado de Certificados de Emisiones Reducidas (CERs), bajo el programa Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)

El crecimiento paulatino en los precios de combustibles fósiles.

La creciente tendencia y necesidad de nuevas fuentes de generación de energías alternativas y renovables.

La controversia a nivel mundial respecto de la utilización de biodiesel ya que la materia prima utilizada (aceite), proviene de fuentes de alimento humano.

## Competencia

### La industria de producción de algas

Actualmente existen más de 75 compañías en el mundo focalizadas en la generación de combustibles a partir de algas. Estas empresas se encuentran en diversos estadios de evolución e implementación como se puede apreciar en el anexo 1.

La evolución de la concentración de dicha industria se muestra en el siguiente cuadro:

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
# de Empresas	1	2	4	5	10	15	25	50	75

Fuente: Greentrackers

Desde el año 2002, el interés de la industria de capital riesgo en combustibles a base de algas se ha venido acelerando. En 2008, Sapphire Energy obtuvo USD 100 millones de inversión de firmas como Cascade Ventures, perteneciente a Bill Gates. Desde entonces, el interés de los Capitalistas de Riesgo en combustibles a partir de algas ha crecido aún más.

A continuación se muestra un cuadro con los nombres de algunas firmas de Capital Riesgo que han realizado inversiones en emprendimientos de algas y combustibles alternativos.

Firma de Capital de Riesgo	Empresa de Algas
<b>Aardvark Investments SA</b> ( <a href="http://www.aardvarkinvestments.com">www.aardvarkinvestments.com</a> )	Cequesta Algae
<b>Access Private Equity</b>	GreenFuel Technologies
<b>Arch Venture Partners</b> ( <a href="http://www.archventure.com">www.archventure.com</a> )	Sapphire Energy
<b>BIRD Foundation</b> ( <a href="http://www.birdf.com">www.birdf.com</a> )	Algatech GreenFuel
<b>BlueCrest</b> ( <a href="http://www.bluecrestcapital.com">www.bluecrestcapital.com</a> )	Blue Marble Energy, Solazyme Earth2tech
<b>Cascade Ventures</b> ( <a href="http://cascadeventures.netopus.net">cascadeventures.netopus.net</a> )	Sapphire Energy Cedar Grove Investments

A su vez, empresas del sector energético y agro-industrial, han tomado posiciones en la investigación de algas. Algunas de ellas son; Chevron Corp. (a través de Chevron Technology Ventures), Bunge Ltd. y Unilever<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> "The Wall Street Journal". Edición de septiembre de 2010.

## **Los cultivos que compiten con las algas**

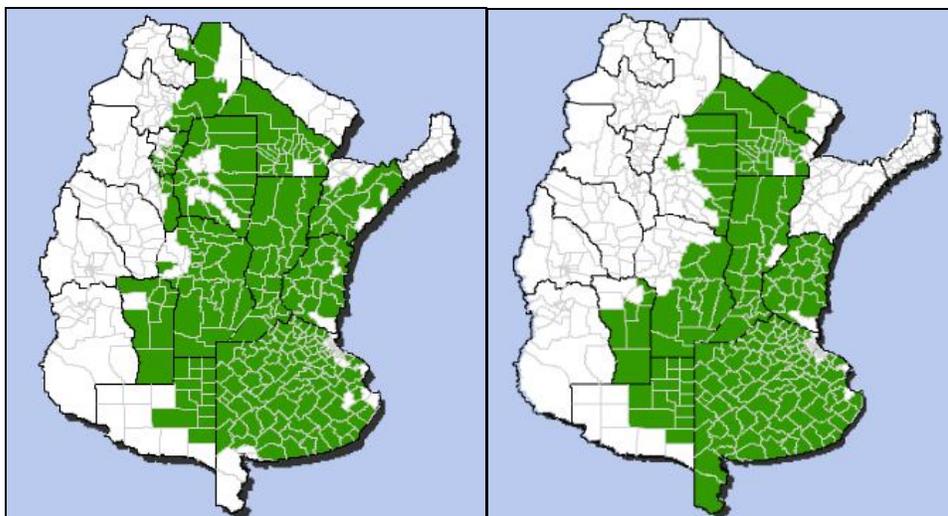
Actualmente, más del 95% de la producción de biodiesel proviene del aceite de soja en argentina.

Las tecnologías de segunda generación como ser el caso de la colza y la jatropha son cultivos alternativos de segunda generación que ofrecen rindes significativamente inferiores al de las algas.

Actualmente la jatropha no está siendo utilizada por los altos costes de mano de obra que hacen inviable al día de hoy su cosecha. La producción de colza durante el 2008 y 2009 fue de 61.000 y 17.000 Toneladas anuales respectivamente. Este último cultivo tiene baja preponderancia entre los cultivos actuales.

La soja y el girasol son los dos principales cultivos oleaginosos de Argentina. El aceite de soja es el de mayor volumen de producción en el ámbito nacional y muestra una sostenida tendencia creciente. Si bien el aceite de girasol es el de mayor tradición, en los últimos diez años la soja ha protagonizado una gran expansión que se refleja tanto en los volúmenes obtenidos como en las inversiones realizadas por las plantas procesadoras. La producción girasolera se ha ido acomodando en función de las cotizaciones internacionales y del avance de la soja, pero sigue siendo de significativa importancia. Sus perspectivas, además, se acrecientan debido a que otros grandes productores mundiales de girasol están reduciendo su cultivo para destinarle superficie a la colza con el objetivo de elaborar biodiesel.

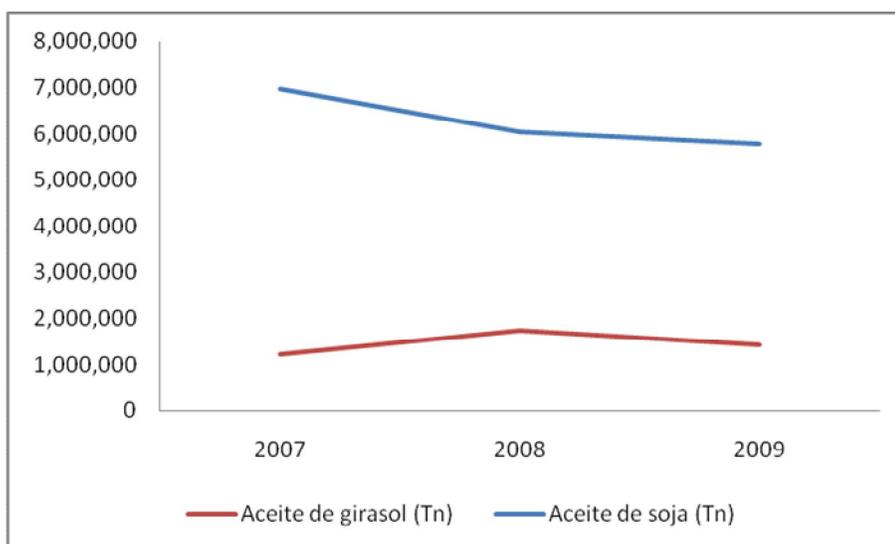
Dispersión geográfica de la soja (izquierda) y girasol (derecha) en función del área promedio sembrada de las últimas cinco campañas.



Fuente: Minagri

Se puede apreciar las zonas sin cultivo de soja o girasol debido a condiciones de terreno y clima, donde efectivamente los biorreactores se podrían implementar, aprovechando además el bajo costo de dichos terrenos.

Producción total de aceite de soja y girasol en Argentina



Fuente: SIIA (Sistema integrado de información agropecuaria)

---

## Exportación

La combinación entre alta producción y bajo consumo doméstico convierten a la Argentina en el mayor exportador mundial de aceite de soja.

Las exportaciones de aceite de soja, en su mayoría crudo desgomado, llegan a más de 80 países. Los países asiáticos concentran la mayor demanda, debido al importante crecimiento de sus economías y al hecho de que partían de niveles de consumo inferiores a la media mundial. China (46%), India (15%) y Bangla Desh (5%) son los destinos más relevantes.

Las principales firmas exportadoras son Cargill, Bunge Dreyfus, Molinos, AGD y Vicentín, que en su conjunto representan el 90 % del total exportado.

Los principales puertos de salida son los del eje San Lorenzo / San Martín y el de Rosario.

Los pellets de soja, principal subproducto de la molienda, se destinan esencialmente a la alimentación animal. Los países de la Unión Europea son los principales demandantes.

En la actualidad, hay más de 47 plantas industriales que se dedican a la industrialización de oleaginosas. En los últimos años se verifica una tendencia hacia la reducción en el número de unidades fabriles junto con un incremento en la capacidad de producción, así la capacidad de crushing promedio por planta es cada vez más alta, lo que representa una mayor eficiencia productiva.

Los grandes volúmenes de producción sumados a un bajo consumo interno generan importantes saldos exportables, por lo que el sector oleaginoso argentino es una rama de la actividad económica estructuralmente exportadora. Argentina se constituye en el principal exportador mundial de aceites de soja y girasol.

## **Perfil y necesidades del Cliente**

A continuación se presentan los dos tipos de clientes a los que apunta este proyecto.

- Los consumidores de aceite, en este caso no alimenticio como ser productores de Biodiesel
- Los productores ganaderos de feedlot

Para conocer el perfil y las necesidades de dichos clientes se realizaron las siguientes encuestas cualitativas a referentes en dichos mercados.

### **Encuesta a productores de biodiesel**

Se llevó a cabo una encuesta a un productor de biodiesel e inclusive se visitó su planta recientemente reestructurada y automatizada. A continuación se presentan las conclusiones de dicha encuesta para evaluar la viabilidad de penetración y consumo de aceite de este target de cliente.

Esta planta consume aproximadamente 100 Tn de aceite por día, o sea aproximadamente el contenido de 3 camiones cisterna.

Las dotaciones trabajan 2 turnos de 12 horas 7 días a la semana.

Su máxima producción es de 4000 kg por hora

La planta tiene capacidad de procesar aceite usado y desgomararlo.

La planta tiene establecido recientemente un contrato de exclusividad de abastecimiento de aceite con una importante aceitera.

El precio al que se consigue el aceite mediante este contrato es U\$S 550 + IVA.

---

Diariamente produce 96 Tn de biodiesel promedio aproximadamente si bien la planta va a tener capacidad para producir hasta 50.000 Tn de biodiesel anuales (la cual es la capacidad máxima que se puede producir para mantenerse dentro del cupo).

La producción es variable. Actualmente se trabaja a toda capacidad y se depende de la disponibilidad de aceite.

La planta tiene un valor de US\$ 8.000.000 aproximadamente con los gastos de reingeniería para llegar a tener una producción de 45.000 Tn por año.

El productor estaría muy interesado en abastecerse de aceite de alga, teniendo por exigencia un requerimiento mínimo de 30 Tn por batch.

Hay predisposición para ceder tierras del complejo para instalar la tecnología.

No encuentra limitaciones técnicas aparentes para la generación de biodiesel a partir de aceite de alga.

La conclusión respecto a esta entrevista es que el productor está interesado en obtener aceite a un precio igual e inclusive mayor al del aceite de soja. Se aprecia la imagen ecológica que este tipo de producto puede aportar a su compañía y la facilidad de acceso que puede dar a otros mercados más regulados como ser el Europeo donde la importación de biodiesel a partir de aceite de soja se está viendo restringida por una cuestión proteccionista de su mercado interno.

## **Encuesta a productores ganaderos de Feedlot**

Se llevó a cabo una encuesta cualitativa que se puede apreciar en el anexo 2. Mediante ésta se buscó definir el perfil y necesidades del comprador de proteína vegetal como así también evaluar la posibilidad de penetración del producto en el mercado de alimentos para la producción ganadera.

Estas fueron las conclusiones:

En un feed lot se puede engordar todas las categorías de bovinos. Los feed lots van desde pequeños productores (de 2.000 a 5.000 cabezas aproximadamente), a grandes productores (más de 20000 cabezas).

El alimento que se compra es a base de Maíz, cebada y un núcleo. El núcleo es un concentrado protéico que tiene entre un 15 y 20 % de proteínas y minerales. Los más populares son el afrechillo de trigo y los pellets de soja y girasol.

El precio del núcleo es de aproximadamente \$34 la bolsa de 25 kilos.

Oficialmente todos los insumos se encuentran subsidiados aunque actualmente no se otorga este beneficio.

Uno ternero ingiere 7 kg promedio por día de maíz y un 10 % corresponde al núcleo protéico aproximadamente.

El ternero engorda entre 1 o 1,5 kg por día. Un ternero que ingresa con 220 kg egresa con 320 kg y para ello permanece en el establecimiento entre 80 y 100 días.

No existe ninguna directiva de entidades que establezca qué tipo de alimentos o productos deban utilizarse para la alimentación de feedlots. Entre las sustancias prohibidas se encuentran los anabólicos.

---

Se sostuvo que para la introducción de un producto como la proteína vegetal de alga resulta fundamental conocer los componentes del alimento, sus porcentajes y sobre todo la palatabilidad del alimento.<sup>11</sup>

Existió un interés genuino en todos los casos por dicho producto.

---

<sup>11</sup> Palatabilidad: gustoso, sabroso.

## Proyección del precio futuro del aceite

El objetivo del siguiente análisis es estimar el precio futuro de venta del aceite de soja, esto va a ayudar a tener una referencia de cuál será el precio máximo al cual se podrá comercializar el aceite generado a partir de algas.

Para ello se utilizarán métodos para proyección de precios de commodities como ser random walk y el mean reversion que posibilitará proyecciones más acotadas del precio en el tiempo.

El primer paso consistirá en validar las hipótesis para la aplicación de cada herramienta. Para ello se debe corroborar que los datos se distribuyan en forma aleatoria con una distribución normal, si ese no fuera el caso, los datos muy posiblemente han sido afectados por alguna variable exógena.

### Validación del modelo de Random Walk

Con el fin de validar el modelo, se utilizó el promedio mensual de los precios del aceite de soja.

De acuerdo a la hipótesis de aleatoriedad, el precio debería comportarse de la siguiente manera:

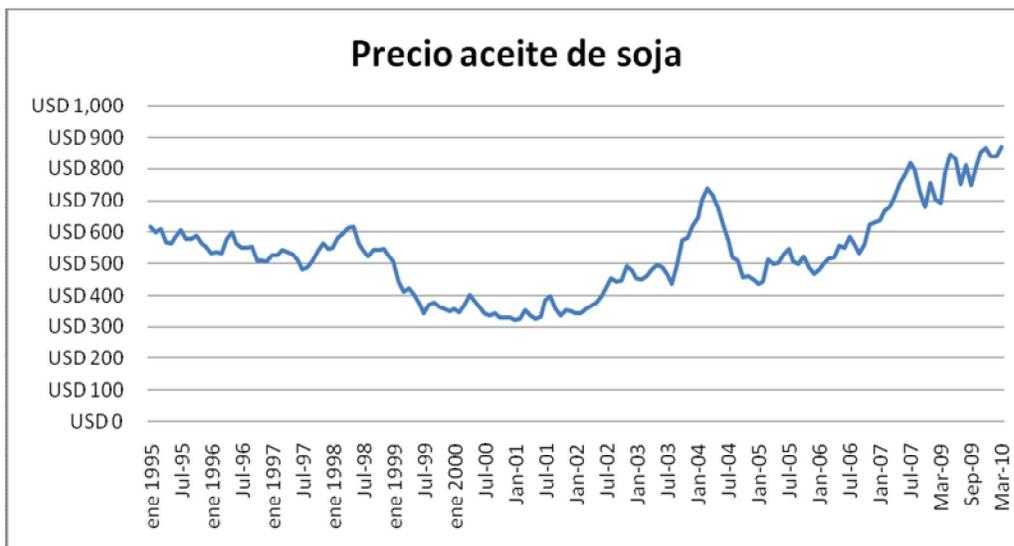
$$P(t) = P(t-1) + E(t)$$

$P(t)$  : precio del aceite en el mes "t"

$P(t-1)$  : precio del aceite en el mes "t-1"

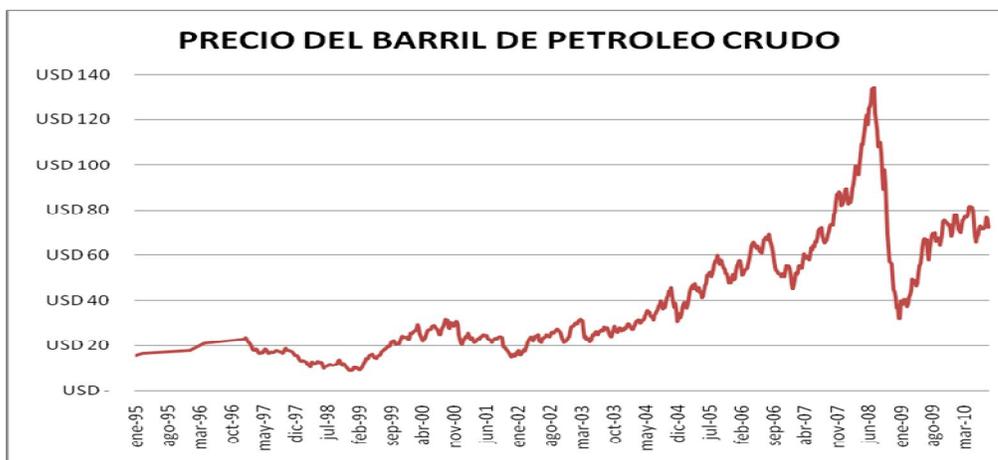
$E(t)$  : Perturbación aleatoria (con una cierta distribución probabilística)

A continuación se presenta un gráfico con el precio histórico del aceite de soja de 1995 al 2010.



Fuente: Sagpya

No se observa ningún tipo de patrón en la gráfica que haga suponer que los precios se vieron afectados por factores externos exceptuando el pico generado en el año 2008. Fenómeno mundial debido a la suba en el precio del petróleo crudo, como se puede apreciar en la gráfica.

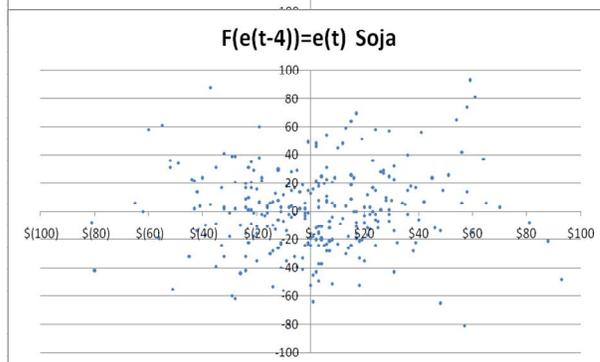
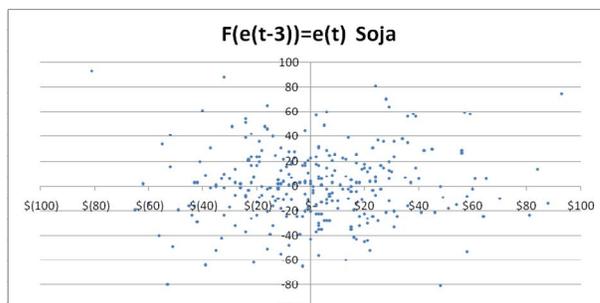
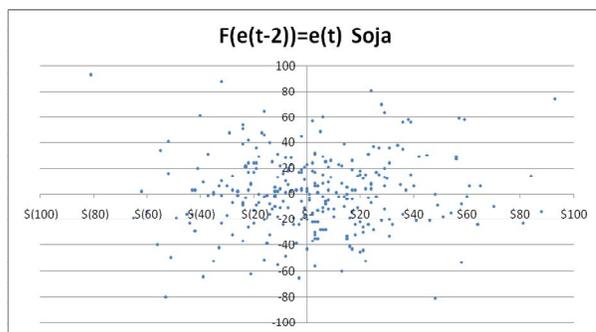
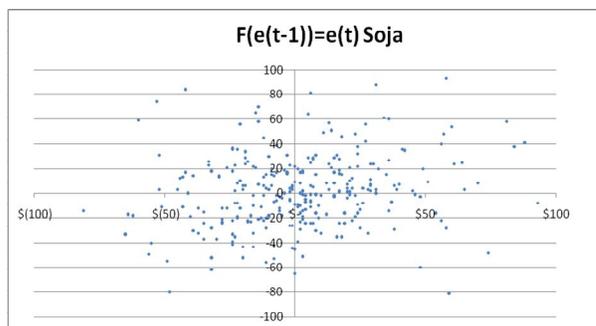


Fuente: U.S. Energy information administration

Este fenómeno estuvo altamente correlacionado con el precio de los aceites. La gráfica a simple vista no hace sospechar que la disposición de los datos no se deban a otra razón que no sea la variabilidad ya que no se encuentra algún patrón aparente. Por ello se dispensará de dichos precios en ese período para la

realización de los cálculos subsecuentes para evitar ruido en el resultado de los análisis.

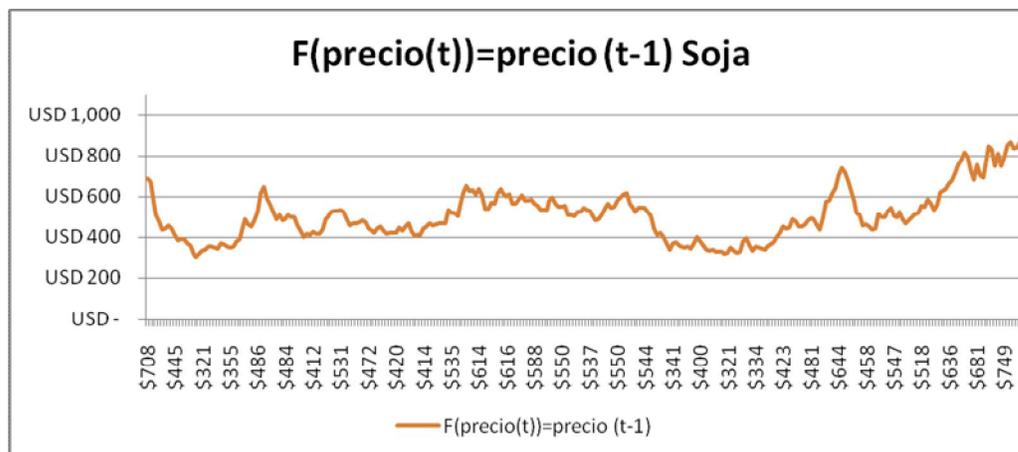
El siguiente paso es validar la aleatoriedad de la perturbación. Para ello se trata de establecer si existe algún tipo de correlación entre la perturbación  $e(t)$  en función de las perturbaciones de  $e(t-1)$ ,  $e(t-2)$ ,  $e(t-3)$  y  $e(t-4)$





Como se puede apreciar en la nube de puntos no existe ningún tipo de correlación entre las perturbaciones mensuales de la soja o sea no puede predecirse el valor de las perturbaciones futuras en función de perturbaciones previas.

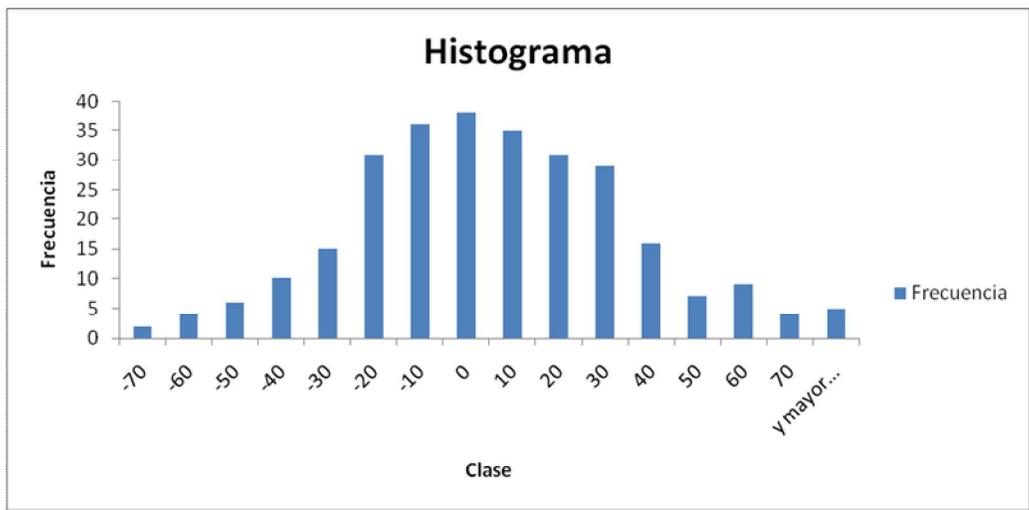
A continuación se analiza la correlación de precios de la soja.



Se puede apreciar que existe un alto grado de correlación entre un precio y el precio subsiguiente en la soja. Habiendo validado todas las hipótesis anteriores de esta manera se puede aplicar random walk. Mediante el cual se verifica que:

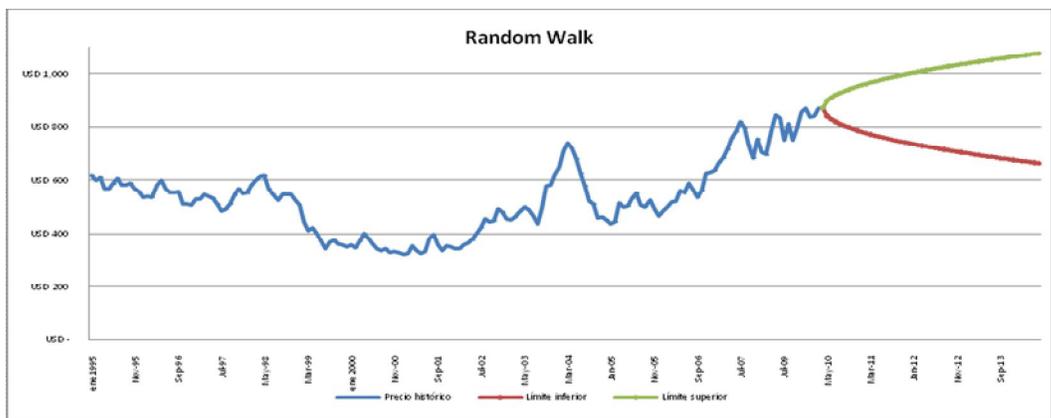
$$P(t)=P(t-1)+ e(t)$$

A continuación debe estimarse la perturbación ya que el valor del precio del aceite es un dato conocido. En función de ello se procede a definir qué tipo de distribución tiene la perturbación, mediante el siguiente histograma.



Como puede apreciarse la perturbación tiene distribución normal con media 0 y desvío \$29,38. Por ende la suma de variables con dichas características mantienen su media que es \$509 y su desvío es  $\sqrt{n}\sigma$  obteniéndose que:

$$P(t+n) = \$509 \pm \sqrt{n}29,38$$



Este gráfico muestra que con un 68% de certeza que el precio de la soja se mantendrá entre los límites inferior y superior de la gráfica. Pero esta certeza se va disipando con el paso del tiempo, razón por la cual el random walk no resulta muy útil.

En consecuencia se utiliza mean reversion para poder proyectar a futuro el precio de la soja alrededor de un precio medio de modo que a medida que el precio más se aleje del mismo más se acelerare su variación.

### Modelo de Mean Reversion

La ecuación diferencial que utiliza el modelo de Mean Reversión tiene el nombre de Ornstein-Uhlenbeck, en donde  $y(t)$  tiene distribución normal.

$$dy(t) = \eta ( M - y(t) ) dt + \sigma dB(t)$$

Desarrollando la ecuación bajo los supuestos mencionados se obtiene que:

$$E [ y(t) ] = M + ( y(0) - M ) e^{-\eta t}$$

$$\text{Var} [ y(t) ] = (\sigma^2 / 2\eta) * (1 - e^{-2\eta t})$$

Donde:

M : media histórica del precio

Y(0) : último precio registrado

$\sigma$  : desvío estandar de las perturbaciones

$\eta$  :  $-\ln(1 + b)$

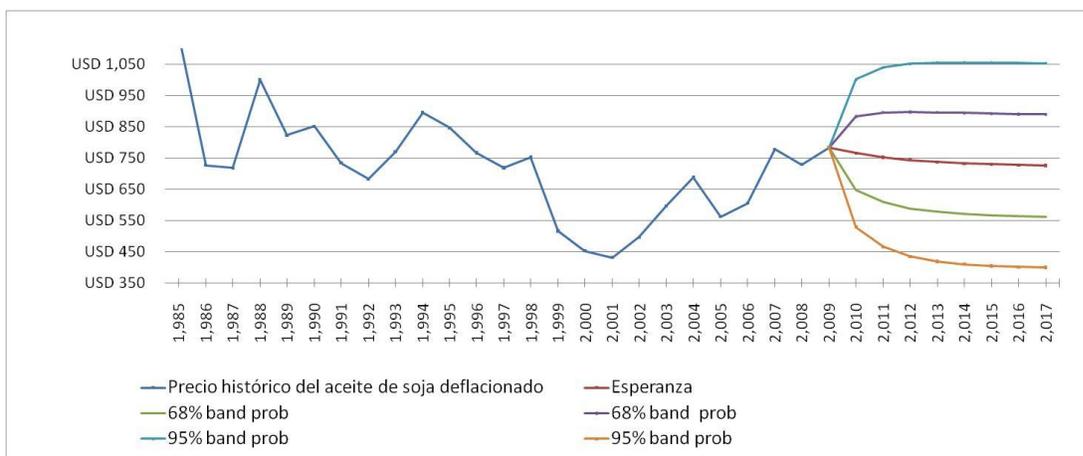
b : coeficiente de correlacion entre Precio(t) y  $e^{-t}$

Las ecuaciones muestran que el valor esperado del precio tiende a un valor de equilibrio en el largo plazo llamado "M", y que su varianza crece rápidamente en un comienzo para luego estabilizarse. Cabe aclarar que la variación del precio en los primeros meses depende estrechamente del precio del último mes de análisis, ya que mientras más alejado se encuentre el mismo de la media, más rápido debería tender éste hacia la misma.

Luego de averiguar los datos se obtiene que:

$$E [ y(t) ] = 708 + ( 869 - 708 ) e^{-0.1526 * t}$$

$$\text{Var} [ y (t) ] = ((29,38)^2 / 2 \cdot 0.1526) \cdot (1 - e^{-2 \cdot (-0.1526) \cdot t})$$



La gráfica muestra el precio histórico deflacionado del aceite de soja y las proyecciones realizadas. Se puede decir en función del pasado que la esperanza ronda los U\$S 723 por tonelada.

Se podría también presumir con un 68% de confianza que el precio se mantendrá entre los U\$S 889 y los U\$S 563 por tonelada de aceite a futuro.

Cabe aclarar que el uso de esta herramienta proyecta un commodity comestible. El aceite de soja hoy día está teniendo un uso ambivalente como comestible y como combustible. Es por ello que este modelo no parece representativo de la tendencia que se viene dando en el último siglo y establecer que el promedio del valor del aceite de soja va a rondar los U\$S723 a futuro teniendo en cuenta su creciente demanda no parece un escenario realista. Más aún considerando que el aceite comienza a tener una creciente correlación con el precio del petróleo. En los últimos 10 años el precio del aceite de soja se ha incrementado en forma sostenida y parece que va a seguir con esa tendencia. <sup>12</sup>

<sup>12</sup> El precio Fob en Agosto del 2010 es de U\$S 902 la tonelada. Fuente: Sagpya



## **ESTUDIO DE INGENIERIA**

### **Qué es un biorreactor**

Un biorreactor es un sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En este caso el sistema es dinámico (circulación de agua) y consiste en un recipiente que contiene en su interior agua, microalgas y se encuentra alimentado por luz y nutrientes principalmente.

El objeto del biorreactor es generar las condiciones óptimas necesarias para el crecimiento de microorganismos. Algunos de los parámetros más significativos son: cantidad de nutrientes, fotoperíodo (horas de luz/ausencia de luz),  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  disuelto en agua, intensidad de luz, PH y temperatura del medio.

Existen diferentes tecnologías en función del modo de contención de las algas. A continuación se presentan las más significativos en este aspecto.

### **Tipos de tecnologías**

Todos los diseños de prototipos para producción de microalgas tienen ventajas y desventajas que deben ser considerados.

La elección del tipo de tecnología depende de factores tales como ser el área de terreno requerida, los niveles de productividad deseados, disponibilidad de materiales, complejidad técnica, nivel de costos, nivel de vulnerabilidad de la cepa a su contaminación y aplicación final que se le va a dar a las algas entre otros aspectos.

A continuación se presentan los diferentes tipos de tecnologías disponibles.

### Fotobiorreactor tubular de algas

Los sistemas de conducción cerrados, conocidos también como fotobiorreactores, presentan numerosas ventajas frente a los sistemas abiertos. Al no operar a cielo abierto, el agua no se evapora y sale fuera del sistema. Incluso, según los estudios de Pulz & Gross (2004), su productividad puede quintuplicar, en un espacio más reducido, a los sistemas abiertos. A pesar de esto tienen algunas restricciones, sobre todo la elevada inversión inicial que requiere la utilización obligada de materiales transparentes como el vidrio o plásticos duros tubulares, lo cual permite aumentar la eficiencia de la fotosíntesis. Además es necesaria un tipo bomba particular que recircule las algas sin matar el cultivo, previniendo la sedimentación e incrementando la distribución de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.



### Sistema de piletones abiertos de algas

Este sistema consiste básicamente en una grilla rectangular equipada con canales ovalados intercomunicados y abiertos. Una corriente continua de agua es impulsada por un sistema de paletas.

Existen diferentes especies y variedades de algas que pueden ser utilizadas en la producción de bio-diesel en los sistemas abiertos. Su cultivo depende fundamentalmente de las correctas condiciones de pH y la salinidad del agua.

A pesar de su sencillez y bajo costo, el sistema de piletas de conducción abierta tiene algunas desventajas que ya serán mencionadas a posteriori.

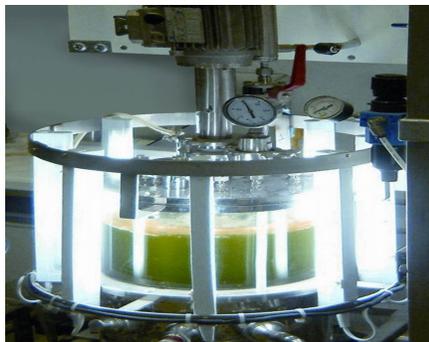
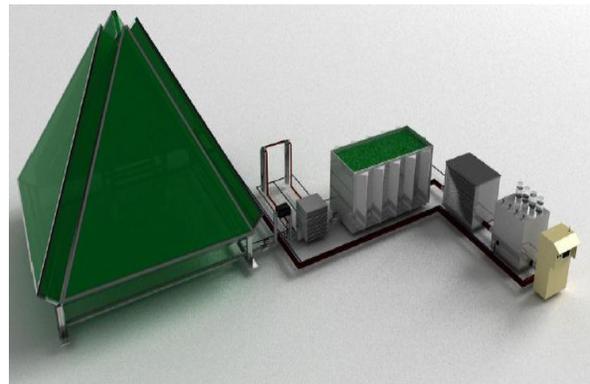


Otros sistemas intensivos.

Sistema de bolsas de plástico



Fotobiorreactor piramidal



### Tabla comparativa de sistemas

	Piletón abierto	Piletón cerrado	Sistemas tubulares	Sistema de bolsas de plástico	Fotobiorreactor piramidal	
Riesgo de contaminación	xxxxx	xxx	x	x	xx	x
Pérdidas por evaporación	xxxxx	xxxx	x	xx	xxx	x
Energía requerida	xxx	xx	xxxx	xxx	xx	x
Potencial de recalentamiento	xxxxx	xxxxx	xxxx	xx	x	xx
Requerimiento de staff	xxxxx	xxx	xxxx	xx	xx	x
Costo de mantenimiento	xxxxx	xxxx	xxxx	xxx	xxx	xx
Requerimiento de mantenimiento periódico	xxxxx	xxxxx	xxxx	xxx	xxx	x
Fallas irreversibles en el sistema	xxxxx	xxxx	x	xx	xx	x
Seguridad microbiológica	x	xx	xxxxx	xxx	xx	xxxxx
Capacidad limpieza aérea	x	x	xxx	xx	xx	xxxxx
Capacidad de uso de CO2	x	xx	xxxx	xx	xxxx	xxxxx
Estabilidad de productividad (en función de la temporada, temperatura, radiación solar, etc.)	x	xx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx

Tabla referenciada de Soley institute

## Las algas y su rendimiento.

Cabe aclarar que las algas utilizadas son "micro algas" que se caracterizan por ser organismos unicelulares (su tamaño se encuentra en el rango de los micrómetros) por lo que no son visibles a simple vista ni tienen la forma tradicional de las algas que se conocen como plantas acuáticas. Estas micro algas son caracterizadas por tener alta eficiencia en cuanto a la utilización de luz para producir fotosíntesis. Una de las ventajas que tienen las algas es que al estar suspendidas en agua (a diferencia de los cultivos tradicionales terrestres), tienen un mejor acceso al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y diversos nutrientes que les ayudan a crecer.

## El stress

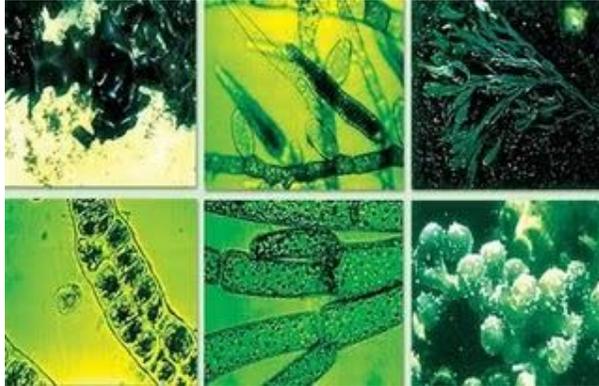
Uno de los objetivos fundamentales para la obtención de una tasa de reproducción cuantitativa y cualitativamente eficiente es la capacidad de emular las condiciones bajo las cuales se genera stress al alga. Dichos factores potenciadores son los siguientes:

- N (N, P, K y micro)
- Foto período (horas de luz/ausencia de luz)
- Co<sub>2</sub> disuelto en agua
- O<sub>2</sub> disuelto en agua
- Intensidad lumínica
- Ph del medio/aumento de salinidad en el medio.
- Temperatura del medio
- Privación de nutrientes

El objetivo fundamental a nivel de investigación y desarrollo es determinar los factores bajo los cuales se potencian la producción de compuestos entre ellos principalmente los lípidos y las proteínas con el menor costo posible acorde al tipo de cepa seleccionado.

---

### Composición de una micro alga



Las algas están compuestas en parte por Proteínas, Carbohidratos y Lípidos, como así también por una gran variedad de vitaminas y elementos (yodo, potasio, hierro, magnesio, calcio, etc) en diferentes proporciones dependiendo de la cepa de alga que se utilice.

Para la producción de aceite de Algas es preferente un alto contenido lipídico. Desafortunadamente un alga de alto contenido lipídico implica generalmente una tasa de reproducción más lenta y a su vez mayor vulnerabilidad a la contaminación.

## Rendimientos

A modo informativo se presenta a continuación los rendimientos de los diferentes tipos de cultivos que se utilizan para la producción de aceite para biodiesel. Esto da una idea de la magnitud potenciadora de las algas en función de la superficie cosechable.

Cultivo	Rendimiento: litros de biodiesel x hectárea x año. <sup>13</sup>
Palmera	6079
caña de azúcar	4209
maíz	2338
soja	468
Alga <sup>14</sup>	18705

Fuente: syntheticgenomics

## Capacidad de extracción de aceite de las algas.

Si bien a simple vista las cepas con mayor contenido lipídico aparentan ser las más convenientes es importante tener en cuenta a la hora de la selección del tipo de alga a su vez la tasa de crecimiento y vulnerabilidad a la contaminación como se hizo mención anteriormente.

La regla general es que a mayor contenido lipídico menor tasa de crecimiento y menor robustez de la cepa.

En la tabla a continuación se exponen 4 cepas utilizadas en la producción de aceite y su respectivo contenido de aceite.

<sup>13</sup> Datos obtenidos de <http://www.syntheticgenomics.com/media/emrefact.html>

<sup>14</sup> Rendimiento variable de acuerdo al tipo de alga basado en modificación genética

---

Especies de Algas	Contenido de aceites (% en base a peso seco)
Chlorella sp	28-32
Nitzschia	45-47
Nannochloropsis	31-68
Schizochytrium	50-77

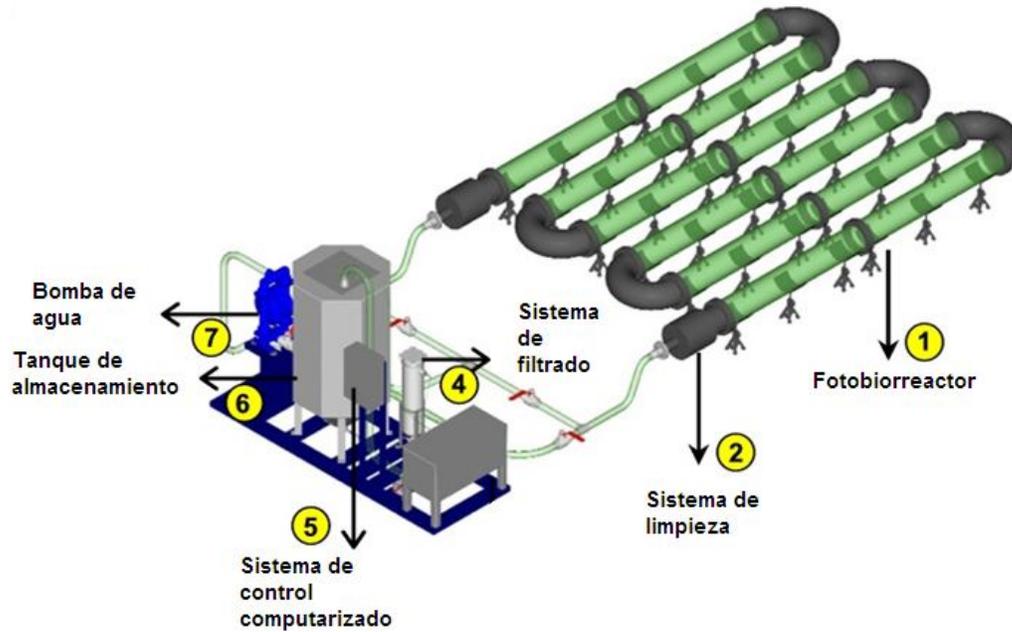
Fuente: INTA<sup>15</sup>

---

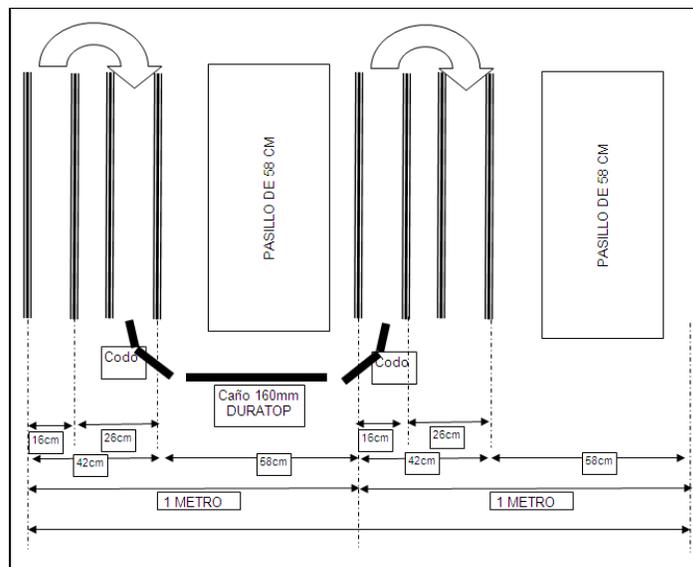
<sup>15</sup> Christi 2007

## El Concepto

El siguiente es el concepto de biorreactor tubular al que se intenta llegar para los estudios de laboratorio.



## Esquema de diseño

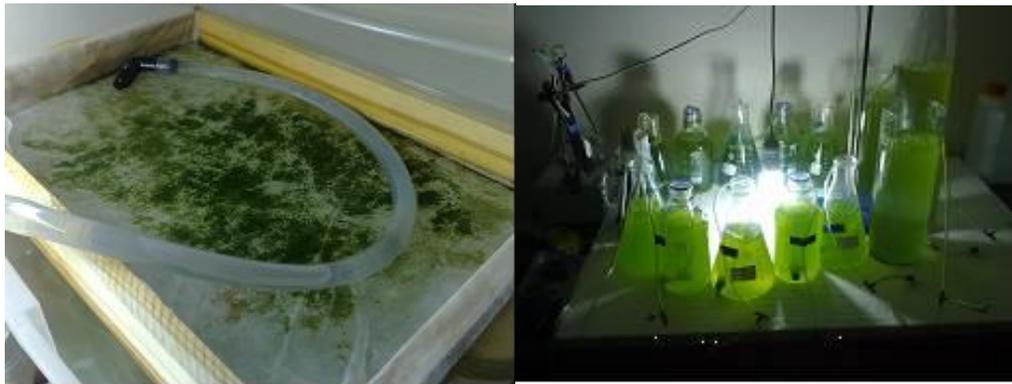


## El laboratorio en Baitec

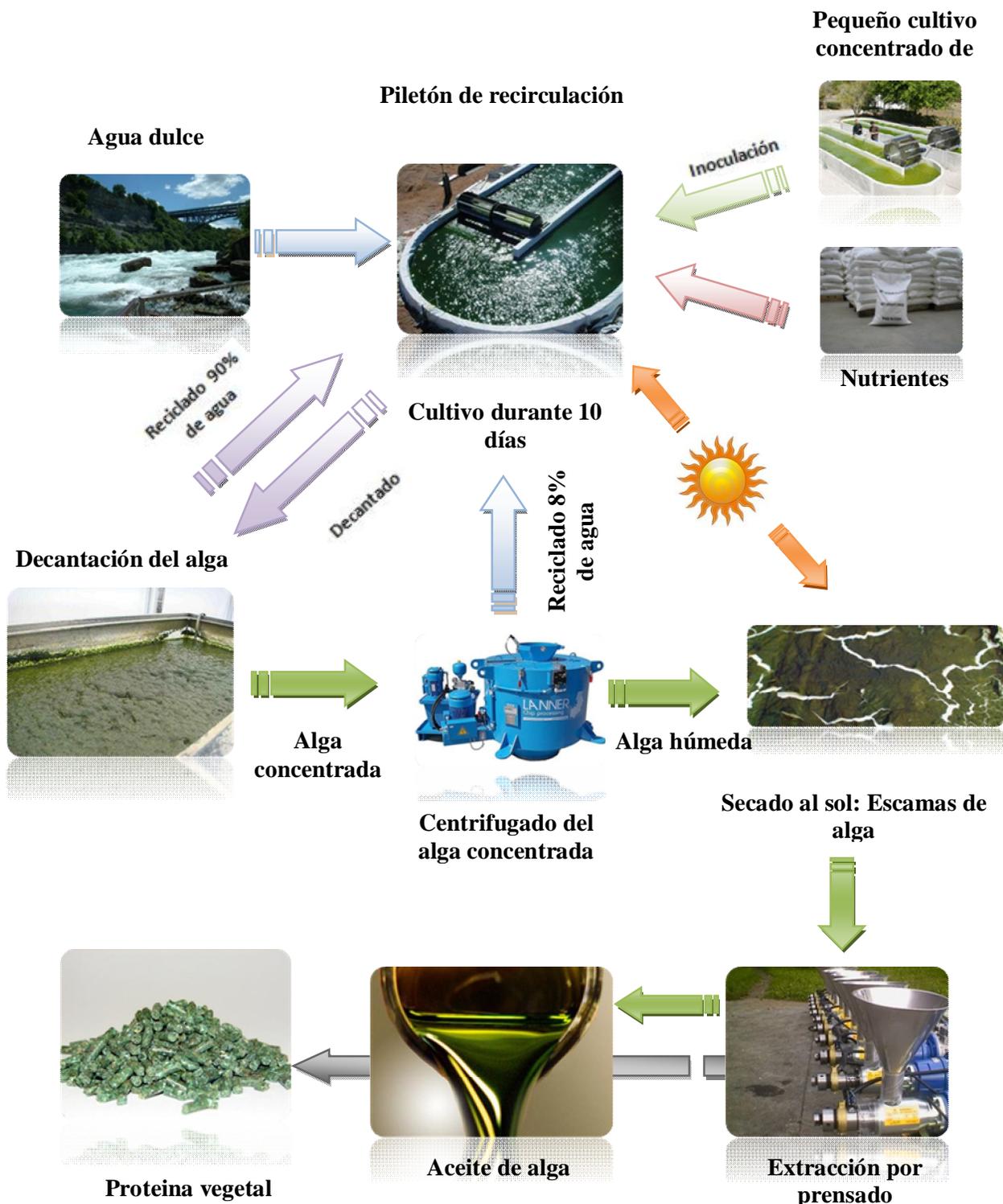
A continuación se muestran imágenes del prototipo de biorreactor armado en Baitec en colaboración con Emprepar y el ministerio de desarrollo económico de la ciudad de Buenos Aires.



Sistema de Filtrado y Erlenmeyers con burbujeadores para el testeo de cepas de algas.



**Proceso de producción de aceite de microalgas**



## Ciclos de producción

En las pruebas de campo se estima se realizarán ciclos de producción de 15 días. El cultivo de algas en los piletones durará promedio 10 días dependiendo dicho período de la época del año (ya que el frío disminuye la velocidad de reproducción). Una vez saturado el cultivo el contenido de los piletones es bombeado a piletones de decantación. Dicho proceso toma 2,5 días. La pasta generada en el fondo de los piletones es bombeada a máquinas centrifugadoras donde la concentración del alga pasa de un 3% a un 15% masa en masa. Sucesivamente dicha masa es secada mediante fuentes de calor solar y artificiales en cintas. Las escamas de algas obtenidas son prensadas en frío con un sistema de tornillo sin fin. La torta proteica restante que guarda una relación 4:1 respecto al aceite es almacenada en depósitos de ambiente controlado. El aceite es bombeado a tanques de almacenamiento. En principio acorde a la cepa no se estima necesario el uso de solventes. Durante los primeros 6 meses del proyecto no habrá producción debido a la construcción y puesta a punto de la planta.

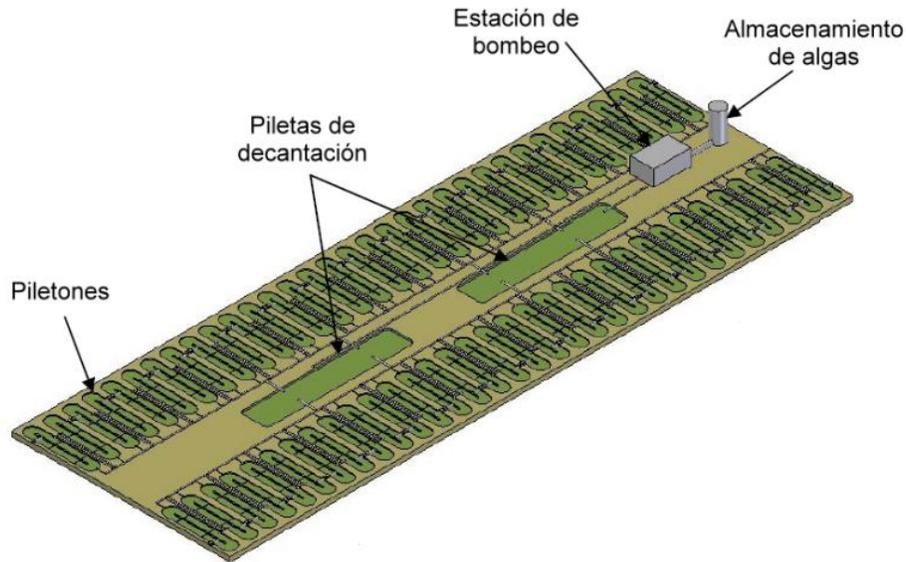
## Capacidad productiva

- Se considera a razón de 5,3 piletones por Hectárea.
- Cada piletón tiene una superficie de cultivo de 1000 m<sup>2</sup> y 0,2 cm de profundidad para posibilitar la penetración de luz solar a medida que se densifica el cultivo. La tasa de crecimiento de las algas en un piletón debido a la limitada exposición lumínica responde a una ecuación lineal.<sup>16</sup>
- Cada piletón se estima tiene la capacidad de producir 0,48 gramos de alga por m<sup>2</sup> por día en el campo.
- Para la operatoria se asume a razón de 1 operario cada 20 Ha.
- Por cada Kilogramo de alga seca se pretende obtener un 20% de extracción de aceite y un 80% de suplemento nutricional aproximadamente.

---

<sup>16</sup> Nick Sazdanoff, Modeling and Simulation of the Algae to Biodiesel Fuel Cycle, 2006

**Esquema de planta modelo a escala para producción de microalgas.**



**Datos técnicos**

- Superficie total: 12 hectáreas
- Superficie de agua: 6 hectáreas
- Cantidad de piletones: 64
- Superficie por piletón: 1000 m<sup>2</sup>
- Volumen por piletón: 200 m<sup>3</sup>
- Cantidad de piletas de decantación: 2
- Superficie por pileta de decantación: 4000 m<sup>2</sup>
- Volumen por pileta de decantación: 6400 m<sup>3</sup>

---

## **EL CRONOGRAMA**

Plan de acción para la puesta en funcionamiento de la empresa el primer año de vida

El plan de acción comprende los siguiente hitos, algunos de los cuales deben definirse antes de la puesta en marcha de la planta piloto:

- Negociación de acuerdos con proveedores para la construcción de la planta piloto.
- Asistencia a eventos y contacto con referentes de la industria, locales y del exterior, universidades nacionales y extranjeras.
- Obtención de fondos necesarios para llevar a cabo el emprendimiento mediante business angels, créditos o aportes no reembolsables.
- Formalización de alianzas con contadores, estudios de abogados y entidades gubernamentales.
- Entrevistas de campo a otras empresas del sector, tanto locales como del exterior.
- Desarrollo del Manual de Procesos (funciones y responsabilidades de los miembros de la organización) y el Manual de Procedimientos (descripción detallada de como operar la planta piloto).
- Participación en programas de educación de cuidado del medio ambiente de la comunidad interna y externa.
- Actualización permanente sobre avances disponibles en materia de reducción de consumo de energía, agua, materias primas e implementación de procesos de disposición adecuada de basura.
- Participación en programas de desarrollo sustentable en colaboración con la comunidad.
- Desarrollo de una política de soporte al trabajo voluntario de los grupos de interés de la compañía.

## Cronograma de implementación

El cronograma prevé la implementación escalonada del proyecto, minimizando así los riesgos de la inversión.

**Fase de prueba de adaptabilidad (Tiempo 1 mes):** Instalación de 2 piletones (1/4 de hectárea), y pruebas de producción por 10 días, con tests de laboratorio. Para la decantación se utiliza una pileta de las dimensiones del piletón, pero del doble de su profundidad. Se instala una oficina en contenedor, y en otro contenedor se arma un pequeño laboratorio de pruebas en el interior. Se prepara un pequeño galpón para guardar elementos de trabajo. Habrán de ubicarse baños químicos. Se adquiere y adapta una máquina de centrifugado y una extrusora de aceite.

**Fase de prueba de adaptabilidad escalada a 1 Ha (2 meses):** Se instalan 3 piletones adicionales, conformando una hectárea, y se repiten las pruebas para verificar la adaptabilidad del proceso al lugar. Se agranda la pileta de decantación, se extiende el galpón. La producción será utilizada para muestras comerciales y tests de calidad.

**Fase de escalamiento 1: (3 meses):** Se instalan 6 hectáreas de piletones, conformando una planta piloto en su mínima expresión. Se validan los modelos productivos. Oficina en dos contenedores, se extiende el galpón, se construye anexo un laboratorio y un comedor, vestidor y baños, al igual que un puesto de seguridad en la entrada.

**Fase de escalamiento 2 (6 meses):** Se instalan 6 hectáreas más, para conformar una producción a escala.

Al cabo de 1 año, la planta se encuentra lista para comenzar la producción en cantidades industriales. Se habrá conformado una planta de 12 hectáreas productivas con una hectárea destinada a galpones, oficinas, laboratorio almacenamiento de materias primas, producto terminado, acceso de camiones y playa de estacionamiento.

## **Equipamiento y Obras de infraestructura**

### **Equipamiento**

El equipamiento de la planta estará constituido principalmente por:

- Balanza de control para camiones
- Bombas de agua
- Motores eléctricos
- Equipos de monitoreo de producción
- Generadores de electricidad
- Paletas agitadoras
- Máquinas centrífugas
- Máquinas de secado a gas
- Prensas de extrusado de aceite
- Tanques de almacenamiento de aceite
- Equipamiento de laboratorio
- Tanque australiano y equipamiento para incendios
- Sensores, Controladores, hardware y sistema informático

### **Obras de infraestructura**

Las obras de infraestructura abarcan:

- Portón de entrada y alambrado perimetral
- Garita de seguridad
- Preparación terreno /obrador/ Movimiento de tierra.
- Estacionamiento interno 50 m2
- Entrada para de carga de camiones 100 m2

- Piletones de inoculación
- Piletones de cultivo
- Piletas de decantación
- Zanjeado/ cañerías de agua/ cableado eléctrico
- Cañerías de conexión para llenado y vaciado de los piletones
  
- Instalación eléctrica
- Galpón para máquinas y herramientas
- Depósitos de torta proteica (Reefers)
- Depósito para nutrientes
- Laboratorio
- Vivienda-Comedor
- Baños y Vestuarios
- Oficina técnica
- Calles internas 400 m2

### **Macrolocalización potencial de la Planta.**

La ubicación de la planta de generación de aceite va a depender de cuatro factores preponderantes:

- El clima
- La radiación solar
- El valor de la tierra
- La cercanía al mercado objeto.

En cuanto a la cuestión climática es recomendable para la cepa seleccionada latitudes superiores a Capital federal, ya que si bien es una cepa robusta responde con mejor velocidad de crecimiento a temperaturas templadas o superiores. También es relevante en este aspecto una baja amplitud térmica ya que las heladas afectan el cultivo algal. Resulta conveniente el acceso a energía eléctrica.

Un factor significativo también es el mercado objeto. Una menor distancia al mercado de productores chicos de biodiesel implica reducción de costos logísticos. La mayoría de éstos (9 de 14) se encuentran en la provincia de Córdoba (Jovita, Tancacha, Chalacea, Obispo Trejo, Viamonte, entre otras localidades). La ventaja de esta tecnología reside en 2 factores en este aspecto:

1. Permite el aprovechamiento de tierras no productivas alejadas de centros agrícolas nacionales como ser el caso de provincias como **Formosa, Chaco, Salta, Jujuy, Santiago del Estero y Tucumán;** que por ende son terrenos de menor valor, algunos inclusive con beneficios impositivos como ser el caso de Santiago del Estero.
2. Posibilita la reducción de costos logísticos al concentrar el cultivo, cosecha y extracción de aceite y proteína vegetal en un mismo predio.

---

## ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Para la valuación de este proyecto se estableció un modelo de 8 años. Como se menciona anteriormente, el esquema de ingresos se sustenta en la venta de aceite y torta proteica.

### Supuestos

Las ventas se proyectan en función de la cantidad de las toneladas de aceite y proteína vegetal de alga que se producen por hectárea por año asumiendo que la totalidad de éstas van a ser absorbidas por los mercados anteriormente analizados.

### Proyección de ventas

En cuanto a la proyección de ventas los primeros 2 años se asume que toda la producción (como fue tratado en el estudio de mercado) es absorbida por una planta productora de biodiesel. A partir del 3º año se comienza a exportar lo cual incrementa los márgenes ya que no aplican las retenciones del 32% correspondientes al aceite de soja sino el 10% de retenciones estandar.

### Los precios

El producto ofrecido será competitivo siempre que se equipare al precio ofrecido en mercado. Dicho precio está fijado por la cotización FOB del aceite de soja a granel del Ministerio de Agricultura, neteado de los derechos de exportación y costos de comercialización.

En función de ello se toma como referencia el precio FAS<sup>17</sup> de venta del aceite de alga de U\$S 625 para el mercado interno y U\$S 865 para el mercado externo asumiendo una calidad de commodity del aceite. En cuanto al precio de venta de proteína vegetal se asume un precio de U\$S 195 para la venta al mercado interno y U\$S 303 para el mercado externo basado en

---

<sup>17</sup> Franco al costado del buque

análisis previos de precios de mercado de productos similares. El precio de venta a un productor de alimento balanceado puede hacer variar el precio de venta de la torta proteica de un 2%-4% aproximadamente<sup>18</sup>.

## Inversión

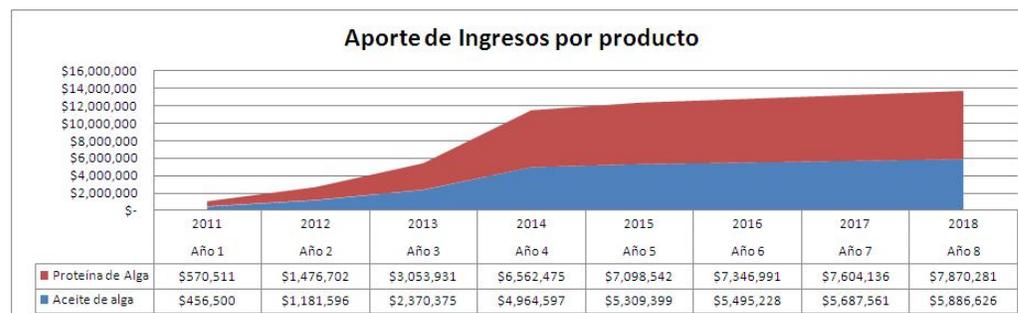
Se proyecta en función de esto la construcción de 12 hectáreas de biorreactores en el primer año, 30 Ha en el segundo año y 54 Ha en el tercer año. Se estima se necesitarán USD 1.500.000 de inversión inicial, si bien la inversión será gradual para cubrir también el capital de trabajo necesario para la operatoria. No se considera el costo del terreno debido a una asociación estratégica en la cual parte de las ganancias son destinadas a cambio, lo cual genera una reducción de riesgo y de adquisición de activos.

Los costos operativos se componen principalmente de energía, nutrientes y personal técnico y de mantenimiento. Los costos semifijos provienen de la parte de investigación y desarrollo, el sector administrativo, abogados, contadores y management.

Se estima la caja como un porcentaje de las ventas. El factor más significativo en el capital de trabajo son los batch de entrega al proveedor de 28 a 33 toneladas de aceite, para la carga por camión cisterna completo y el correspondiente tiempo de repago.

## Ingresos

En la siguiente tabla se pueden apreciar los ingresos por producto.

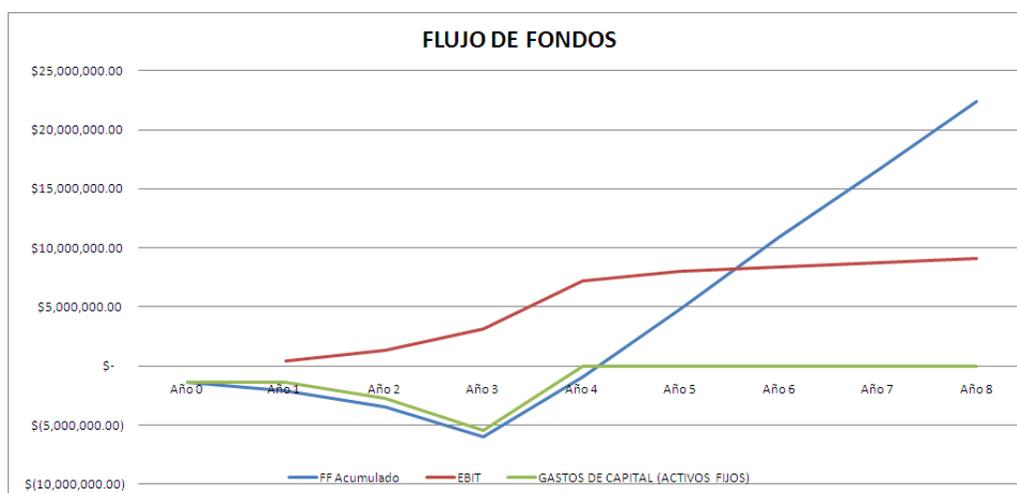


<sup>18</sup> Fuentes calificada en el mercado de agri-business

Si bien ambos productos generan ingresos similares la proporción en volumen de proteína es 4:1 respecto al aceite. Esto implica mayores costos proporcionales de manipuleo, almacenamiento y logística por parte de la proteína vegetal. Ambos productos son fundamentales si bien el aceite de alga es el producto de mayor valor agregado y menor costo marginal. En este aspecto se prioriza la robustez y tasa de crecimiento de la cepa en detrimento de la capacidad inherente de almacenamiento de aceite.

Flujo de fondos acumulado.

El máximo bache financiero se produce al tercer año ya que en la secuencia de inversiones en dicho año se realiza la mayor inversión en CAPEX. El período de repago es de 4 años.



Análisis de sensibilidad.

Mediante el uso del software Crystal Ball se procuró obtener la TIR del proyecto a 8 años en función de diferentes escenarios de precios tanto del aceite como del pellet de soja. Debe considerarse que no se toma en cuenta en dicha proyección el retraso cambiario de los costos asociados al proceso. Como acción de mitigación de dicho efecto se pretende generar una eventual asociación con el proveedor entre el gasto de aprovisionamiento y el precio de venta de los productos.

Cabe aclarar que los precios tanto de la tonelada de aceite como la del pellet de soja afectan directamente en el modelo a los precios de venta finales de los productos anteriormente citados del proyecto.

	TIR	Precio FOB Tn aceite de soja									
		USD 800	USD 844	USD 888	USD 932	USD 976	USD 1.020	USD 1.064	USD 1.108	USD 1.152	USD 1.196
Precio pellet FOB Tn de soja	USD 250	12,1%	13,6%	15,0%	16,4%	17,8%	19,2%	21,2%	22,5%	23,8%	25,1%
	USD 267	14,1%	15,5%	17,0%	18,3%	20,4%	21,7%	23,0%	24,3%	25,6%	26,9%
	USD 284	16,1%	17,5%	18,9%	20,9%	22,2%	23,5%	24,8%	26,1%	27,3%	28,6%
	USD 301	18,0%	19,4%	21,4%	22,7%	24,0%	25,3%	26,6%	27,8%	29,1%	30,3%
	USD 318	19,9%	21,9%	23,2%	24,5%	25,8%	27,0%	28,3%	29,5%	30,8%	32,0%
	USD 335	22,4%	23,7%	25,0%	26,2%	27,5%	28,8%	30,0%	31,3%	32,5%	33,7%
	USD 352	24,2%	25,5%	26,7%	28,0%	29,2%	30,5%	31,7%	32,9%	34,2%	35,4%
	USD 369	25,9%	27,2%	28,5%	29,7%	30,9%	32,2%	33,4%	34,6%	35,8%	37,0%
	USD 386	27,7%	28,9%	30,2%	31,4%	32,6%	33,8%	35,1%	36,3%	37,5%	38,6%
	USD 403	29,4%	30,6%	31,9%	33,1%	34,3%	35,5%	36,7%	37,9%	39,1%	40,3%

En el Anexo se incluyen:

Estado de resultados – Anexo 4.

Flujo de Fondos – Anexo 5

Capital de trabajo – Anexo 6

Balance – Anexo 7

---

## IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL

### Industria del Biodiesel

Si bien la combustión del Biodiesel no incrementa los niveles de CO<sup>2</sup> en la atmósfera, ya que las emisiones de su quema provienen de dióxido de carbono previamente fijado por los organismos que dieron origen al aceite; su proceso de producción sí genera emisiones adicionales. Se toman en consideración las máquinas agrícolas, los fertilizantes y pesticidas utilizados para potenciar las plantaciones de oleaginosas; además, los cambios en el uso del suelo (esto incluye el desmonte) para aumentar la cantidad de superficie cultivable, sumado a la energía utilizada para las cosechas, manejo de los granos y el proceso de producción. Luego, en la industrialización del aceite y del biodiesel, se agregan otros gastos energéticos (siempre proporcionales a una emisión de CO<sup>2</sup>) y consumibles, como el metanol utilizado para la transesterificación, que es un derivado del petróleo y además genera efluentes tóxicos. Todos estos procesos, son los que hacen que el biodiesel, no sea la opción de energía renovable más eficiente.

El problema principal de la industria reside en la obtención del aceite que es el 98% de la materia prima en el biodiesel.

Justamente, ese problema es el que viene a resolver esta tecnología, proveyendo un aceite sustituto al de soja que se usa en Argentina. Este producto, requiere una considerablemente menor extensión de tierra para generar la misma cantidad de aceite, no necesita de tierras productivas, tiene la producción en el mismo lugar adonde se industrializa el aceite, uniendo la materia prima con el proceso y generando ahorros en transporte y manejo de cargas (combustibles). Además es capaz de capturar emisiones de chimeneas industriales, si los gases se burbujean en el medio donde las algas obtienen su alimento (agua, dióxido de carbono y nutrientes).

En síntesis, algunos beneficios son:

- Reducción mayor al 90% en el uso de la tierra para obtener un volumen dado de aceite.
- Ahorro de combustibles y otros consumibles (como las silo bolsas), gracias a que se elimina el almacenamiento y transporte de granos del campo a la industria aceitera.
- Posibilidad de captura de emisiones puntuales de CO<sub>2</sub> en industrias.

Por último, la normativa nacional ha promovido (como se especificó anteriormente) la existencia de pequeñas industrias productoras de biodiesel, dándoles prioridad en el acceso al Cupo Nacional (es decir, comprándoles su producción para abastecer el mercado interno). Éstas han surgido en forma de cooperativas y PyMES en diversas localidades del interior del país; principalmente Córdoba (Jovita, Tancacha, Chalacea, Obispo Trejo, Viamonte, entre otras localidades). La posibilidad de replicar este proyecto en distintas escalas, les permitirá a estas plantas productoras contar con una fuente alternativa de aceite, de producción local. Pero más importante que esto, la disponibilidad de una producción aceitera en tierras “no agrícolas” permitirá la creación de **nuevos emprendimientos de producción de biodiesel alejados de los centros agrícolas nacionales**, posibilitando así, **generar trabajo en zonas ajenas a la producción aceitera nacional** (Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires) como Formosa, Chaco, Salta, Jujuy, Santiago del Estero y Tucumán.

#### Las microalgas

No necesitan de tierras fértiles (no incentivan el desmonte ya que resulta más rentable obtener tierras de muy bajo valor donde no sería posible desarrollar cultivos de oleaginosas ni alimento).

No necesitan de agua estrictamente potable, y los nutrientes pueden provenir de efluentes con altos niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, actuando así como un agente depurador de efluentes nocivos para el medio ambiente, al incorporarlos en su biomasa.

Por otra parte, si bien las oleaginosas capturan CO<sub>2</sub> de la atmósfera en el proceso de fotosíntesis, no se pueden direccionar efluentes de CO<sub>2</sub> hacia las

---

mismas, en cambio las algas, al estar inmersas en un medio acuoso posibilita el direccionamiento de los efluentes de CO<sup>2</sup> y el burbujeo a través del mismo para lograr la concentración adecuada de CO<sup>2</sup> que potencie su crecimiento, al mismo tiempo que se reduce la emisión de los gases de efecto invernadero a la atmósfera.

En síntesis, algunos beneficios son:

Posibilidad de aprovechar tierras improductivas para una producción sustentable.

Se puede instalar en Zonas desérticas, adonde el sol es más fuerte y beneficia el desarrollo de los cultivos.

Se puede instalar en Zonas industriales, donde se puede aprovechar la captura de emisiones de la industria.

Se puede instalar en campos improductivos y zonas aisladas, con los costos logísticos asociados, pero llevando un proyecto rentable a tierras de bajo costo.

Aprovechamiento de agua no potable y de efluentes con alto contenido de nitratos y/o fosfatos.

No genera residuos industriales, puesto que se venden todas las partes de la biomasa de alga y cualquier desperdicio es orgánico.

Se pueden implementar biodigestores para procesar los desperdicios orgánicos y proveer dióxido de carbono y calor al proceso de producción.

Otras aplicaciones

Por otro lado, las algas también pueden ser materia prima para producir metano y etanol, que actualmente, se obtienen como derivados de petróleo. Es posible convertir los carbohidratos producidos por las algas, en alcoholes como biometanol; y poner el residuo en biodigestores que produzcan biogas.

---

Aunque estas aplicaciones no son parte del presente proyecto, sí son aplicaciones viables para proyectos complementarios o adicionales.

## CONCLUSIÓN

Existe una demanda real de energías renovables y sustentables que protejan el medio ambiente, en particular en el transporte, para la sustitución (en principio parcial) de los combustibles líquidos responsables de aproximadamente un tercio de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

La tesis demuestra que es factible el desarrollo y la ejecución de una planta de producción de microalgas para la generación de alimentos y energías alternativas que disminuyan el impacto medio ambiental.

En este sentido, el proyecto se enfoca en el mercado de productores de biodiesel que se encuentra en franca expansión y crecimiento, proveyendo un aceite vegetal alternativo y sustentable.

Por otro lado, el subproducto generado (la proteína vegetal de alga) es un potencial producto sustituto y/o complementario al pellet de soja ya que presenta un mayor valor nutritivo por unidad de masa que el ofrecido actualmente en el mercado de alimentación animal.

Es posible que la tecnología de biorreactores de algas logre ser un sustituto de los cultivos de soja para la generación de aceite para biodiesel y que pase a ser la fuente principal de combustibles de tercera generación en tiempos venideros. Esto se debe a diversas razones, tales como; políticas de reducción de emisiones de carbono, mayor demanda de tierras para producción de alimentos y la necesidad de energías alternativas ante el agotamiento de recursos.

El rendimiento de microalgas en pruebas de laboratorio resulta significativamente superior al de la soja. Es en el pasaje al campo donde existe una merma en esa eficiencia y un incremento de costos. Aún así, se estima que dicha tecnología prueba ser aplicable y rentable, dado que; se optimizen los costos de procesos, se adapten tecnología y recursos actualmente disponibles en el mercado, como así también se comercialice el subproducto generado del aceite de microalga (proteína vegetal), generalmente desestimado en papers investigativos con dicho fin.

El desarrollo del proyecto implica un desafío más que significativo en cuanto al aspecto de investigación, caracterización y explotación de las cepas más productivas y resistentes a agentes externos. Para el éxito de la Investigación y Desarrollo es esencial la vinculación tecnológica con instituciones e investigadores especializados.

Un catalizador para emprendimientos de esta índole sería la adjudicación de subsidios en la Argentina. Esta iniciativa se está llevando a cabo actualmente en Europa y Estados Unidos, donde este tipo de tecnología continúa en desarrollo en pos del cuidado del medio ambiente y la generación de valor agregado.

## ANEXOS

### Anexo1. Empresas dedicadas a la investigación y desarrollo de tecnología de algas para biocombustibles

Empresa	Pais	\$MM	Acres	gr/acr/yr	kg/ha/yr
Synthetic Genomics	US	300	0	0	0.00
Sapphire Energy	US	150	100	4900	12.11
Solarzyme	US	98	0	0	0.00
Algenol	US	70	0	300000	741.32
General Atomics	US	51	0	0	0.00
PetroAlgae	US	45	20	5500	13.59
Aurora Biofuels	US	40	20	6000	14.83
Kent BioEnergy Corporation	US	30	160	0	0.00
SAIC	US	25	0	0	0.00
Solix	US	20	2	3000	7.41
Phycal	US	15	0	3000	7.41
LiveFuels	US	10	45	0	0.00
BP Biofuels	UK	10	0	0	0.00
UOP Honeywell	US	7	0	0	0.00
Algae Venture Systems	US	6	0	20000	49.42
OriginOil	US	5	0	117500	290.35
Aquaflow Bionomics	New Zeland	4	150	440	1.09
Pond Biofuels	Canada	4	0.03	0	0.00
Blue Marble Energy	US	3	40	0	0.00
See-O-Two	Austria	3	0	285000	704.25
Diversified Energy	US	3	0	2000	4.94
Inventure Chemicals	US	2	0	0	0.00
GreenShift Corporation	US	1	0	0	0.00
Bodega Algae	US	0.2	0	5500	13.59
Aquatic Energy	US	0	10	2500	6.18
Cellana	US	0	6	0	0.00
XL Renewables	US	0	3	5000	12.36
Ingrepro	The Netherlands	0	1	25000	61.78
Kai BioEnergy	US	0	1	6500	16.06
A2BE	US	0	1	0	0.00
Scottish Bioenergy	UK	0	0.3	6335	15.65
Seabiotic	Israel	0	0.3	2200	5.44
Valcent	Canada	0	0.1	33000	81.54
Stellarwind Bio Energy	US	0	0.1	10000	24.71
BioCentric Energy	US	0	0.04	0	0.00
SunEco Energy	US	0	0	230000	568.34
Global Green Solutions	Canada	0	0	100000	247.11
Plankton Power	US	0	0	100000	247.11
AlgaeLink Solutions	The Netherlands	0	0	13700	33.85
Circle Biodiesel and Ethanol Corporation	US	0	0	2000	4.94
AXI	US	0	0	0	0.00
BioMarine Fuels	US	0	0	0	0.00
Bionavitas	US	0	0	0	0.00
Carbon Trust - Algae Biofuels Challenge	UK	0	0	0	0.00
ENN	China	0	0	0	0.00
Evodos	The Netherlands	0	0	0	0.00
Green Bios Technologies	US	0	0	0	0.00
IGV	Germany	0	0	0	0.00
International Energy	US	0	0	0	0.00
Nestle Oil	Finland	0	0	0	0.00
PetroSun	US	0	0	0	0.00
Scipio Biofuels	US	0	0	0	0.00
Solena	US	0	0	0	0.00

Fuente: thegreentrackers.com

## **Anexo 2**

### **Encuesta cualitativa**

#### **Preguntas para entrevista de productor ganadero de feed lot**

Nombre de la empresa (opcional):

Nombre de la persona encargada (opcional):

¿Que tipo de animales tiene el feed lot?

¿Cuántas cabezas tiene su feed lot aproximadamente?

¿Que tipo de alimento compra?

¿Qué alimentos compra? ¿Compra suplementos?

¿Pudiere estimar la cantidad de alimento que compra en una determinada unidad de tiempo para dicho volumen o el consumo estimado por cabeza a lo largo de su desarrollo y la cantidad de tiempo que tiene la cabeza respectiva desde que nace hasta que se faena?

¿Están subvencionados por el estado?

¿Tiene máquinas para la mezcla de maíz con los suplementos?

¿Puede estimar en qué porcentuales?

¿Qué nutrientes aportan?

¿Existe alguna directiva de alguna entidad que establece los productos que deben utilizarse para la alimentación de feedlot o algún otro tipo de restricción o limitación que estipule como y cuanto deben alimentarse los animales?

¿Pudiere esto llegar a generar algún tipo de limitación para la introducción de algún producto alimenticio?

Si existiera un producto en forma de torta proteica a base de algas de alto contenido proteico, vitaminas, minerales y otras cualidades que posibilitara una mejor nutrición mejor calidad de carne a un menor precio estaría dispuesto a probarlo?

SI NO

¿Por qué?

Muchas gracias

### **Anexo 3**

#### **Para un productor de Biodiesel**

Nombre de la empresa:

Nombre de la persona encargada:

- 1) ¿Cuántas toneladas de soja o colza consume actualmente para la generación de biodiesel?
- 2) ¿Cuál es su volumen de producción diario de biodiesel aproximado?
- 3) ¿Es variable o actualmente trabajan a toda capacidad? ¿De qué depende?
- 4) ¿Cuál es su demanda actual diaria de aceite o biodiesel en toneladas o volumen promedio?
- 5) Tiene o ha tenido problemas de desabastecimiento?
- 6) ¿Tiene planteado generar inversiones a futuro en expansión?
- 7) Ha escuchado de la generación de aceite a partir de algas?
- 8) Si tuviera a su disposición una tecnología alternativa a base de algas que lo abasteciera de aceite:
- 9) Estaría interesado en comprar dicha tecnología siendo que le resulte lógicamente rentable? SI NO
- 10) ¿Qué volumen mínimo necesitaría para abastecerse de aceite? Estaría dispuesto o está en posibilidad de ceder parte de su superficie a la instalación de un biorreactor y extractor de aceite para la obtención de aceite?
- 11) ¿Encuentra algún tipo de restricción o limitación técnica aparente a la generación de biodiesel a partir de aceite de alga? SI NO
- 12) ¿Tiene alguna sugerencia al respecto?

Muchas gracias

### Anexo 4

ESTADO DE RESULTADOS								
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Ventas (incluyendo Reintegros)	\$ 1.027.011	\$ 2.658.299	\$ 5.424.306	\$ 11.527.072	\$ 12.407.942	\$ 12.842.219	\$ 13.291.697	\$ 13.756.907
Ventas Mercado Externo	0	0	1.462.377	5.717.994	7.397.526	7.656.439	7.924.414	8.201.789
Ventas Mercado Interno	1.027.011	2.658.299	3.961.929	5.809.178	5.010.416	5.185.781	5.367.283	5.555.138
Venta de aceite (Toneladas)	184.44	461.11	830.00	1.567.78	1.567.78	1.567.78	1.567.78	1.567.78
Venta de Biomasa (Toneladas)	737.78	1.844.44	3.320.00	6.271.11	6.271.11	6.271.11	6.271.11	6.271.11
Costos	-583.271	-1.235.818	-2.092.297	-3.855.524	-3.913.077	-3.972.844	-4.034.296	-4.098.107
Costos Operativos	-260.135	-650.338	-1.170.609	-2.211.150	-2.211.150	-2.211.150	-2.211.150	-2.211.150
Costo cultivo	-115.200	-288.000	-518.400	-979.200	-979.200	-979.200	-979.200	-979.200
Costo productivo de cosecha y secado	-59.508	-148.770	-267.786	-505.818	-505.818	-505.818	-505.818	-505.818
Costo productivo extracción	-73.040	-182.800	-328.880	-620.840	-620.840	-620.840	-620.840	-620.840
Gastos Personal	-323.136	-685.480	-921.688	-1.644.373	-1.701.928	-1.761.494	-1.823.146	-1.886.956
Area I&D - Total Sueldos	-156.816	-218.480	-338.085	-405.823	-420.027	-434.728	-449.943	-465.691
Personal técnico	-142.560	-344.400	-560.142	-1.212.198	-1.254.625	-1.298.537	-1.343.986	-1.391.025
Personal administrativo/legal/contable	-23.760	-24.600	-25.461	-26.352	-27.274	-28.229	-29.217	-30.240
EBITDA	443.740	1.422.481	3.332.008	7.671.548	8.494.865	8.869.575	9.257.401	9.658.800
Depreciación	-636.930	-1.044.653	-1.860.100	-1.987.375	-1.987.375	-1.987.375	0	0
EBIT	-193.190	377.827	1.471.908	5.684.173	6.507.489	6.882.200	9.257.401	9.658.800
Impuesto a las Ganancias	-36.293	-65.323	-515.518	-1.989.811	-2.277.971	-2.409.120	-3.240.440	-3.380.930
Resultados	-228.482	313.504	957.390	3.695.363	4.230.518	4.474.080	6.017.960	6.278.870

### Anexo 5

FLUJO DE FONDOS									
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
INGRESOS		996.317							
EBITDA		443.740	1.422.481	3.332.008	2.390.175				
		443.740	1.422.481	3.332.008	7.671.548	8.494.865	8.869.575	9.257.401	9.658.800
EGRESOS									
Gastos de Capital (Activo Fijo)	-1.359.079	-2.038.618	-2.718.157	-5.436.315	0	0	0	0	0
Tierra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impuesto a las Ganancias	0	-36.293	-65.323	-515.518	-1.989.811	-2.277.971	-2.409.120	-3.240.440	-3.380.930
Variación de Capital de Trabajo	0	255.127	71.232	217.347	-400.364	-66.333	-75.335	-22.320	-83.845
Flujo Libre de Caja para la Firma	-1.359.079	-1.378.044	-1.289.768	-2.402.477	5.281.374	6.150.560	6.386.120	5.994.640	6.194.025
Flujo Libre de Caja para los Accio	-1.359.079	-1.375.044	-1.288.768	-2.401.477	5.282.374	6.151.560	6.386.120	5.995.640	6.195.025
Flujo Libre de Caja Acumulado	-1.359.079	-2.734.123	-4.022.890	-6.424.368	-1.141.994	5.009.566	11.395.686	17.391.327	23.586.352
Incremento de Capital	1.359.079	1.375.044	1.288.768	2.401.477	0	0	0	0	0
Pago de dividendos	0	0	0	0	-5.282.374	-6.151.560	-6.386.120	-5.995.640	-6.195.025

### Anexo 6

CAPITAL DE TRABAJO									
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Variación de Capital de Trabajo		255.127	71.232	217.347	-400.364	-66.333	-75.335	-22.320	-83.845
Cambio en Activos Corrientes		-128.498	-200.589	-338.043	-744.264	-105.222	-97.694	-102.490	-107.506
Caja		-20.540	-32.626	-55.320	-122.055	-17.617	-8.686	-9.990	-9.304
Cuentas a Cobrar		-102.138	-162.235	-275.085	-606.933	-87.604	-85.763	-90.254	-94.956
Inventario		-3.819	-5.728	-7.638	-15.276	0	-3.246	-3.246	-3.246
Crédito Fiscal		0	0	0	0	0	0	0	0
Cambios en Pasivos Corrientes		381.624	271.821	555.390	343.900	38.888	22.359	80.170	23.661
Cuentas a Pagar		14.414	21.621	28.828	57.656	0	4.084	4.084	4.084
Deuda Fiscal		367.210	250.200	526.561	286.243	38.888	18.275	76.086	19.577
Capital de Trabajo		-258.946	-335.907	-560.891	-175.803	-109.470	-37.381	-18.307	62.292

## Anexo 7

BALANCE									
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Caja	0	20.540	53.166	108.486	230.541	248.159	256.844	265.834	275.138
Cuentas a Cobrar	0	102.138	264.373	539.458	1.146.391	1.233.995	1.319.758	1.410.012	1.504.968
Inventario	0	3.819	9.547	17.185	32.461	32.461	35.707	38.953	42.199
Crédito Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Activos Corrientes</b>	0	126.498	327.087	665.130	1.409.394	1.514.615	1.612.310	1.714.800	1.822.306
Activos Fijos	0	4.246.197	6.964.354	12.400.669	13.249.169	13.249.169	13.249.169	13.249.169	13.249.169
Depreciaciones acumuladas	0	-636.930	-1.681.683	-3.541.683	-5.529.058	-7.516.434	-9.503.809	-9.503.809	-9.503.809
Tierra y otros	0	0	0	0	0	0	1	3	6
<b>Total Activos No Corrientes</b>	0	3.629.267	5.302.771	8.878.986	7.740.110	5.752.735	3.765.361	3.765.363	3.765.366
<b>TOTAL ACTIVO</b>	20.000	3.755.765	5.629.858	9.544.116	9.149.504	7.267.350	5.377.670	5.480.163	5.587.671
Cuentas a Pagar	0	14.414	36.035	64.864	122.520	122.520	126.604	130.688	134.772
Deuda de Corto Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuda Fiscal	0	367.210	617.411	1.143.972	1.430.215	1.469.104	1.487.379	1.563.465	1.583.042
<b>Total Pasivos Corrientes</b>	0	381.624	653.446	1.208.836	1.552.735	1.591.624	1.613.983	1.694.153	1.717.814
Deuda a Largo Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Pasivos No Corrientes</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL PASIVO</b>	0	381.624	653.446	1.208.836	1.552.735	1.591.624	1.613.983	1.694.153	1.717.814
Capital	20.000	2.754.123	4.042.890	6.444.368	6.444.368	6.444.368	6.444.368	6.444.368	6.444.368
Resultados Acumulados	0	-228.482	85.022	1.042.412	-544.599	-2.465.641	-4.377.681	-4.355.361	-4.271.516
<b>TOTAL PATRIMONIO NETO</b>	20.000	2.525.640	4.127.912	7.486.780	5.899.769	3.978.726	2.066.686	2.089.007	2.172.852
<b>TOTAL PASIVO + PN</b>	20.000	2.907.265	4.781.358	8.695.616	7.452.504	5.570.350	3.680.669	3.783.160	3.890.665



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bezzo F., Macchietto S., Pantelides C.C.: General Hybrid Multizonal/CFD Approach for Bioreactor Modeling.
- Campbell, M.H. 2008. Biodiesel: Algae as a Renewable Source for Liquid Fuel. Guelph Engineering Journal.
- Christi, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae. Biotechnology Advances.
- INTA, 2008. Compendio de la producción de bioenergía a partir de las algas.
- Masojídek, J., Papáček, S., Jirka, V., Cervený, J., Kunc, J., Korečko, J., Sergejevová, M., Verbovikova, O., Kopecký, J., Stys, D, Torzillo, G., 2003. A Closed Solar Photobioreactor for Cultivation of Microalgae under Supra-High Irradiances: Basic Design and Performance of Pilot Plant. J. Appl. Phycol., 15, (2003), 239–248.
- Nick Sazdanoff, 2006. Modeling and Simulation of the Algae to Biodiesel Fuel Cycle.
- Sapag Chain, N y Sapag Chain, R. 2003. "Preparación y Evaluación de Proyectos". Ed. McGraw-Hill.
- Terry K. L. , 1986. Photosynthesis in Modulated Light: Quantitative Dependence of Photosynthetic Enhancement on Flashing Rate. Biotechnology and Bioengineering 28, 988-995, 1986.
- Tredici, M. R, G. Chini Zittelli, J.R. Benemann. 1998. A tubular integral gas exchange photobioreactor for biological hydrogen production, en: Biohydrogen. (Ed) Zaborsky. Plenum Press, Londres, Inglaterra. Pág. 391-401
- Van Dujin, C., A. Posthuma. 2008. Photobiological Hydrogen and Biomasa derived Biofuel Production by Microalgae. Energy Conversion Technologies.
- Wiseman, A. 1986. Principios de Biotecnología. Ed. Surrey University Press.
- Wu X., Merchuk J.C.: Simulation of Algae Growth in a Bench-Scale Bubble Column Reactor. Biotechnology and Bioengineering 80, 156-168, 2002.

---

XU, H.; X. Miao & Q. Wu. 2006. High Quality Biodiesel Production from a Microalga *Chlorella protothecoides* by Heterotrophic Growth in Fermenters. *Journal of Biotechnology*, (126):499-507

## **PÁGINAS DE INTERNET**

<http://algoil.com/>

[www.algaelink.com](http://www.algaelink.com)

[www.mecon.gov.ar/basehome/informacion.htm](http://www.mecon.gov.ar/basehome/informacion.htm)

[www.indexmundi.com](http://www.indexmundi.com)

[www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)

[www.exportar.org.ar](http://www.exportar.org.ar)

<http://www.argentinarenovables.org>

<http://www.antenna.ch/en/malnutrition/spirulina-production.html>

[www.bogadospirulina.com.ar](http://www.bogadospirulina.com.ar)

<http://www.soley.cn/institute>

[www.oilfox.com.ar](http://www.oilfox.com.ar)

[www.nass.usda.gov/](http://www.nass.usda.gov/)

[www.oilworld.biz](http://www.oilworld.biz)