

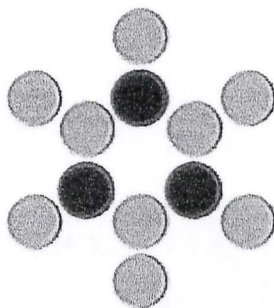


OFICINA DE PARTES 1 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	20 MAYO 2014
Hora	17:40
Nº Ingreso	13574

INFORME FINAL

Producción de Spirulina (*Arthrospiraplatensis*) para alimentación animal con captura de CO₂ proveniente de Viña Miguel Torres.

PYT-2011-0055



AEON BIOGROUP



19 de Mayo de 2014

CONTENIDO

1. Antecedentes.....	3
1.1 Antecedentes Generales:	3
2. Costos	3
2.1 Costo general:	3
2.2 Ejecución presupuestaria a la fecha:	3
3. Resultados.....	4
3.1 Por periodo	4
3.1.1 Primer periodo	4
3.1.2 Segundo periodo	4
3.1.3 Tercer periodo	12
3.1.4 Cuarto periodo	12
3.2 Resultados por objetivo	15
3.3 Resultados específicos.....	17
3.3.1 Cuantificación	17
3.3.2 Descripción	21
3.4 Hitos críticos	24
4. Cambios en el entorno	25
4.1 Tecnológico	25
4.2 Mercado.....	26
4.3 Leyes, regulaciones, barreras normativa laborales y medioambientales, responsabilidad social empresarial, entre otros.....	28
5. Autoevaluación	30
6. Conclusiones.....	31
ANEXOS	32

1. ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes Generales:

Nombre Ejecutor:	Aeon Biogroup SpA
Nombre(s) Asociado(s):	Sociedad Vinícola Miguel Torres S.A y AquasolarMicroalgas Ltda.
Coordinador del Proyecto:	Luis Ignacio Merino López
Regiones de ejecución:	Región Metropolitana y del Maule
Fecha de inicio iniciativa:	1 de Septiembre de 2011
Fecha término Iniciativa:	31 de Marzo de 2014
Tipo Convenio FIA:	MINAGRI
Objetivo General:	Validar el modelo AEON de producción de Spirulina (<i>Arthrospiraplatensis</i>) en fotobiorreactores híbridos (FBRH) con captura de CO ₂ proveniente de los procesos de fermentación del vino para permitir la reducción de la huella de carbón de Viña Miguel Torres y un aumento en la tasa de producción de biomasa de microalgas del FBRH.

2. COSTOS

2.1 Costo general:

Costo total de la Iniciativa			
Aporte FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total Contraparte		

2.2 Ejecución presupuestaria a la fecha:

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA	Suma cuotas programadas	
	Suma cuotas pagadas	
	Suma gasto programado	
	Suma gasto real	
Aportes Contraparte	Gasto programado	
	Gasto real	
	Gasto pecuniario programado	
	Gasto pecuniario real	

3. RESULTADOS

3.1 Por periodo

3.1.1 Primer periodo

Para la fermentación piloto se compró 200 kg de uva en Santiago proveniente del norte de nuestro país y se trasladó a Curicó a las dependencias de Viña Miguel Torres para que su personal experimentado iniciara los procedimientos de manejo de la producción de vino en una cuba de 300 L. ETECO dedicada a los proyectos de ingeniería preparo la cuba para extraer el gas de fermentación respetando todas las normativas legales incluyendo el traslado del gas hacia el laboratorio. Para extraer el gas de la cuba se decidió utilizar la extracción por vacío (presión negativa) -2,5 BAR en una botella pequeña. Es necesaria la instalación de manómetro, rotámetro, válvulas entre otros materiales resistente a altas presiones, tanto para la cuba como para la botella de almacenado de GF, así controlar manualmente este procedimiento. También se deberá extraer una muestra de gas para su posterior análisis en un laboratorio externo.

Para el montaje experimental se instalaron 2 rack con 3 pisos de repisa con su correspondiente línea de aire desde un blower y su red de CO₂ desde las botellas en el exterior y protegidas según normativa. Se prepararon más de 30 unidades de cultivo en matraces de 1 L, así generar una estadística confiable. Se compró y se instalaron equipos de laboratorio como microscopios, espectrofotómetro, termopesa y un novedoso equipo portátil para medir CO₂ en ambientes gaseosos.

Generación de cultivo control con inyección de aire completado y CO₂ comercial a desarrollar. Estandarización de procedimiento en cuanto a su crecimiento, productividad y absorbancia. Barrido espectral de la microalga *A. platensis* para calibrar espectrofotómetro. Identificación de plateau en la curva de crecimiento exponencial de la microalga en relación a los días de cultivo.

3.1.2 Segundo periodo

a) Actividad 1:

Cultivos Control con CO₂ puro:

Se desarrolló un cultivo de *Spirulina* en laboratorio siguiendo el protocolo diseñado para este proyecto, el cual está adjunto al final del informe. Este experimento utilizó CO₂ puro proveniente de Indura. En este experimento se mantuvieron 6 unidades de cultivo de 10 matraces cada uno, alimentadas con las siguientes fórmulas de gas:

Grupo A: Control, sólo aire

Grupo B: 1% de CO₂ añadido al aire

Grupo C: 2,5% de CO₂ añadido al aire

Grupo D: 5% de CO₂ añadido al aire

Grupo E: 7,5% de CO₂ añadido al aire

Grupo F: 10% de CO₂ añadido al aire

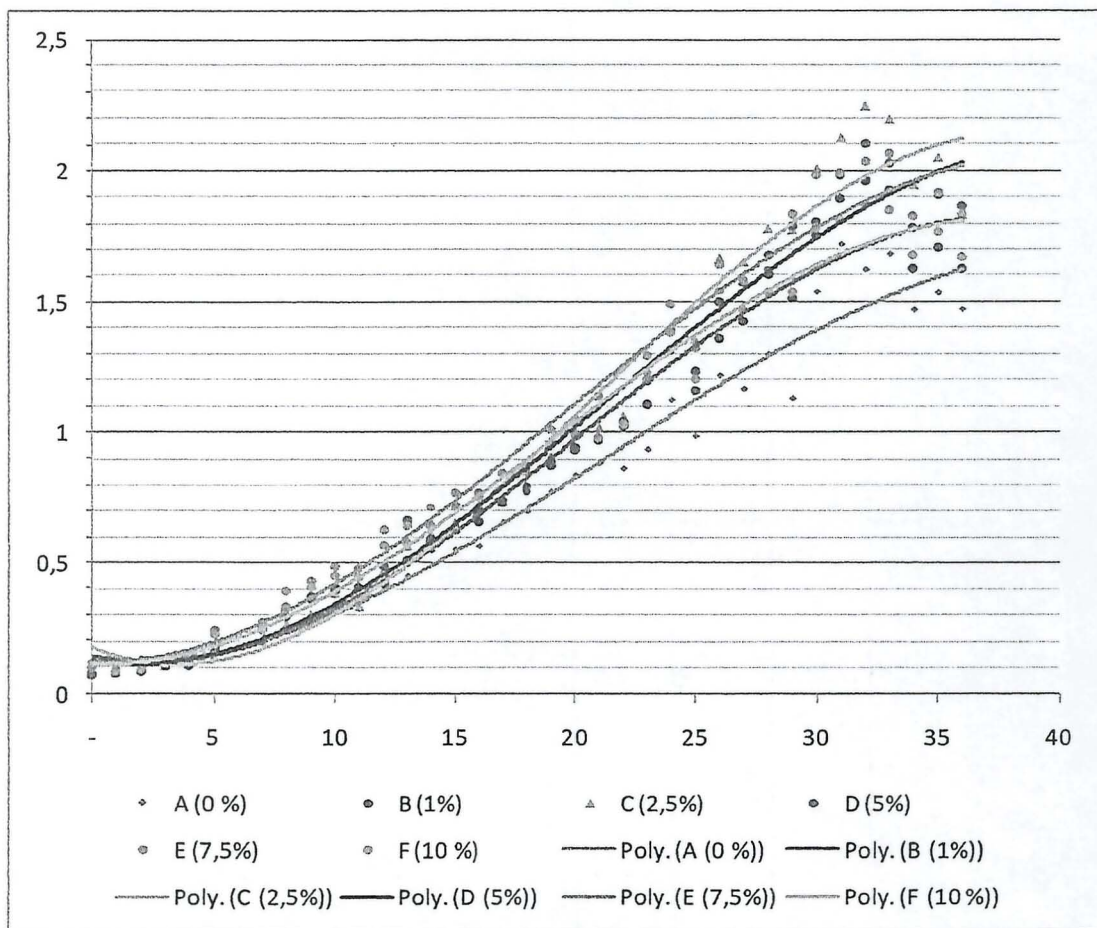


Figura 1. Curva de crecimiento de los distintos grupos medido por densidad óptica (absorbancia)

Tabla 1. Comparativo de los grupos

Grupo	Promedio de Densidad	Incremento respecto al control
A (Control)	0,79	0%
B (1%)	0,90	14,9%
C (2,5%)	1,00	27,7%
D (5%)	0,96	22,4%
E (7,5%)	1,02	29,8%
F (10 %)	0,94	20,1%

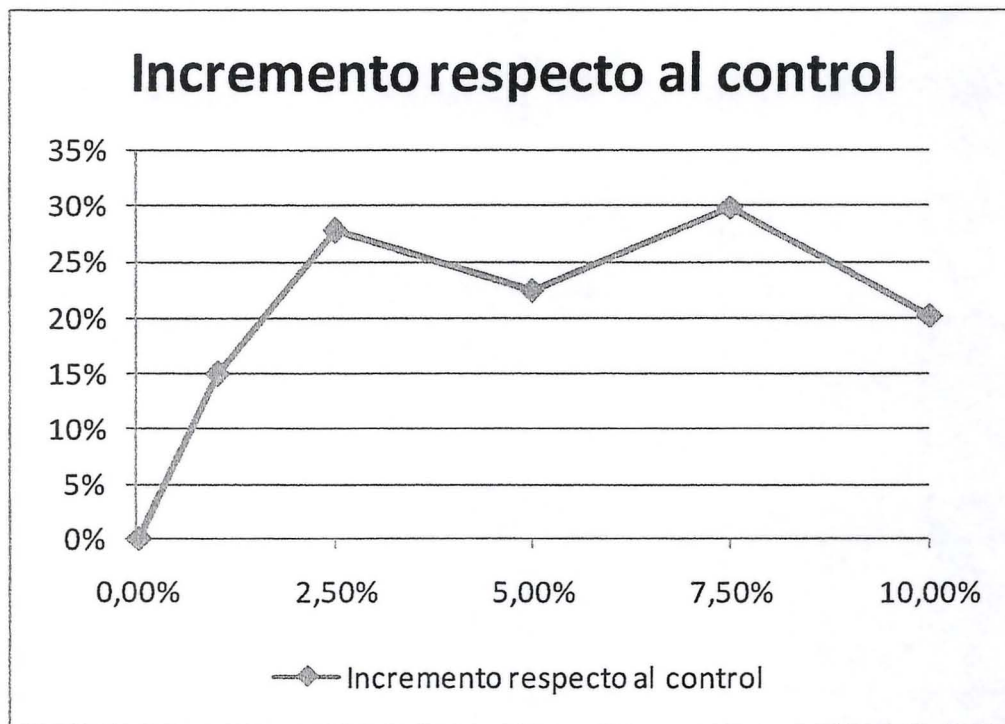


Gráfico 1. Incremento de crecimiento al incorporar CO2 puro en distintas proporciones.

Conclusiones:

- El rango óptimo de CO2 se encuentra entre el 2,5 al 7,5% de mezcla de CO2 puro en el aire.
- El incremento máximo de crecimiento detectado es del 30%.
- Concluye la experiencia dejando resultados claros para comparar con el rendimiento del gas de fermentación.

b) Actividad 2:

Ingeniería y montaje de solución de captura de Gas de Fermentación.

Se contrató a la empresa Eteco Ltda. para diseñar una solución de captura y transporte del gas de fermentación que emite la viña en sus cubas. En este contrato se instaló lo siguiente:

Tapas de cuba: se modificaron 2 tapas a la medida de los requerimientos, instalándose válvulas de seguridad, manómetro y una salida para conectar la manguera que transporta el gas.

Maquina capturadora: Se construyó una unidad móvil con un compresor limpio de 8bar, 3 filtros pequeños de partículas, olores y humedad, y 2 filtros para capturar alcoholes los cuales fueron diseñados por el equipo de ingeniería de Aeon.

Sistema de distribución: Se instaló un sistema de distribución de gas para inyectar el GF capturado a la red de aire del laboratorio Aeon.

Compra de Botellones de CO2: Se compraron 20 botellones de CO2 para capturar y transportar el GF.

Conclusiones:

- Se logró la instalación de todos los equipos antes de que comenzara la vendimia 2012.

c) Actividad 3:

Captura de gas de fermentación (GF)

Se contrató un camión para transportar los botellones desde el laboratorio Aeon a la Viña y de vuelta. Esto se realizó 5 veces en las cuales se capturó 73,5Kg de gas total.

Cada balón de gas capturó en promedio 735g del gas, demorando 10 minutos en el llenado a la presión de trabajo de 8bar.

Se midió el contenido de CO₂ de las cubas, variando estas entre un 14% al iniciar el proceso de fermentación hasta un 60% en pleno funcionamiento. Lo normal fue un gas saliendo de la cuba con un 35% de CO₂.

Se envió una muestra del gas a un análisis por parte de un laboratorio externo, el cual confirma el dato obtenido. (Adjunto)

El gas tuvo que ser limpiado, debido a la presencia de alcoholes, la cual fue detectada empleando un sistema de muestreo de gases Dräger por tubos colorimétricos. Se detectaron 5000ppm de butanol y 4000ppm de Metanol en el gas, lo que podría convertirse en explosivo si se comprime. Se diseñó una batería de filtros, incluyendo 2 filtros de agua que filtran por afinidad química, para purificar el gas y se obtuvo finalmente un gas con una concentración de alcoholes inferior a 20ppm.

Conclusiones:

- El sistema de captura trabaja con baja presión (8bar) por lo que no se alcanza a almacenar gran cantidad de gas. Se buscará un compresor de mayor presión que esté dentro del presupuesto del proyecto.
- Se detectó que la salida de los cilindros arroja una concentración de CO₂ superior a la concentración de entrada, es decir los balones se cargan con un 38% de CO₂ pero a la salida aparece el gas con una concentración superior al 60%. Se postula que esto se debe a la estratificación del gas al interior del botellón, siendo un efecto favorable para el proceso general que se debería considerar en un diseño industrial.

d) Actividad 4:

Cultivos Experimentales

Se realizó un cultivo con un protocolo equivalente al realizado en los cultivos control en el cual se realizaron 4 grupos:

Grupo A: Control, sólo aire

Grupo B: 2,5% de CO₂ añadido al aire

Grupo C: 5% de CO₂ añadido al aire

Grupo D: 7,5% de CO₂ añadido al aire

Los cultivos fueron realizados con 5 matraces cada uno debido a las restricciones en cuanto a la cantidad limitada de gas de fermentación disponible. Los resultados demostraron crecimiento mejorado en el grupo de 5 y 7,5%.

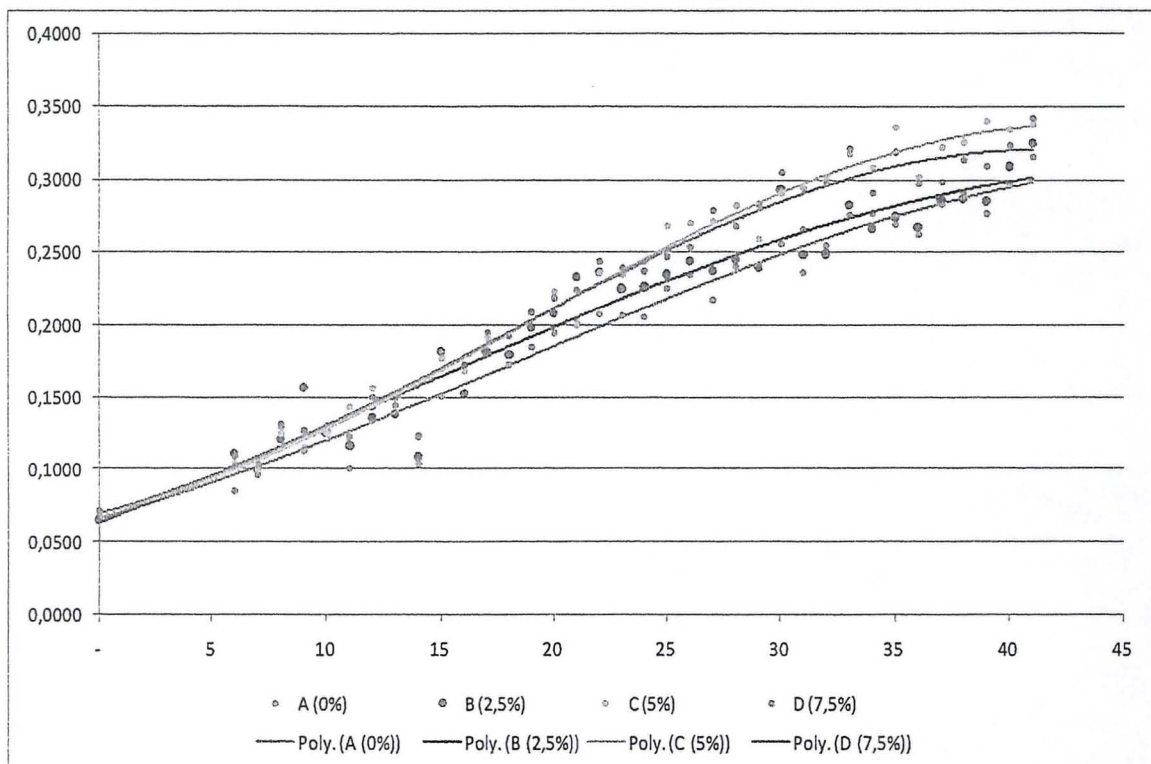


Gráfico 2. Curva de crecimiento de los distintos grupos medido por densidad óptica (absorbancia)

Tabla 2. Comparativo de los grupos con gas de fermentación

Grupo (%CO ₂)	Promedio densidad	Incremento respecto al control
A (Control)	0,237	0%
B (2,5%)	0,247	4%
C (5%)	0,272	15%
D (7,5%)	0,268	13%

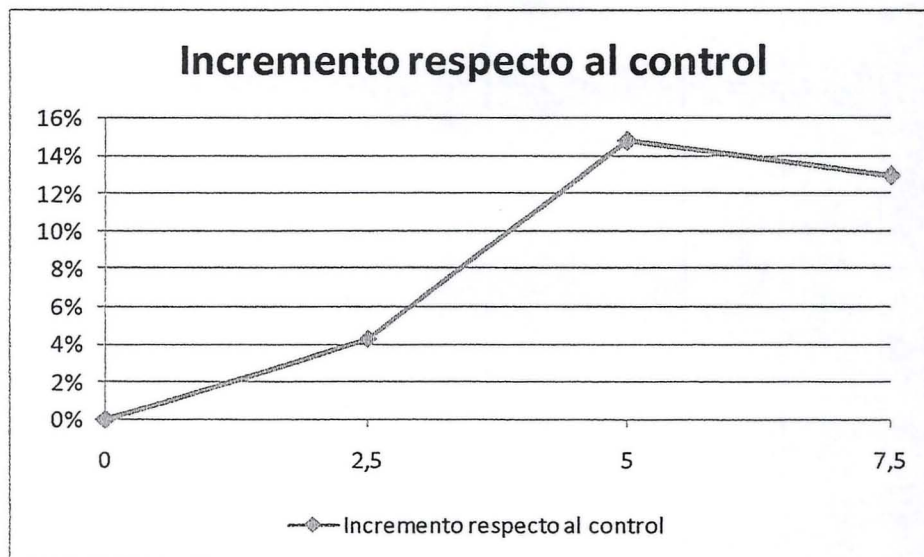


Gráfico 3. Incremento de crecimiento al incorporar gas de fermentación en distintas proporciones

Análisis de incremento obtenido con CO₂ puro vs incremento obtenido con GF

Debido a las altas variaciones en los crecimientos que se obtuvieron de Spirulina, el índice SGR se volvió impráctico de implementar. Para detectar el incremento de crecimiento, se obtuvo un promedio de densidades durante toda la experiencia y se observó la diferencia entre los grupos comparados con su control, presente en todas los experimentos.

Tabla 3. Comparativo de los incrementos en crecimiento de CO₂ puro versus GF.

Grupo (%CO ₂)	% Incremento		Efectividad GF vs CO ₂
	CO ₂	GF	
A (0 %)	0%	0%	0%
C (2,5%)	28%	4%	16%
D (5%)	22%	15%	66%
E (7,5%)	30%	13%	43%

Conclusiones:

- El gas de fermentación produce crecimiento incrementado en las microalgas.
- El incremento máximo es de un 15% y se da con una concentración de 5% de CO₂ en la mezcla del aire.
- La Spirulina asimila bien el insumo, no se observan cambios morfológicos.
- La dinámica de crecimiento es igual con GF que con CO₂ puro, observándose un peak entre los días 30 al 40.
- La temperatura promedio del laboratorio descendió notablemente durante los meses de otoño.
- El menor crecimiento observado en esta actividad se explica por la temperatura notablemente menor que hubo en el laboratorio.

e) Actividad 5:

Diseño y construcción de un fotobiorreactor (FBR) demostrativo

En esta experiencia se diseñó y construyó un FBR con el objetivo de acercar el cultivo de microalgas al público general y facilitar las actividades de difusión del proyecto. El FBR debe ser funcional, productivo, práctico, visualmente atractivo y debe tener la capacidad de incorporar gas si se lo requiere.

Se contrató a un diseñador industrial para llevar a cabo el prototipaje, proponiéndose un diseño tipo stand que contuviera 3 tubos de aproximadamente 30 litros cada uno agitados por aire en un canal interno. El proceso de construcción presentó varios obstáculos resolviéndose todos ellos en un tiempo superior al pronosticado.

Aeon importó los motores de aire para alcanzar las metas de costos, obteniendo unidades de alto performance.

El fotorreactor quedó listo y operando en el mes de mayo.

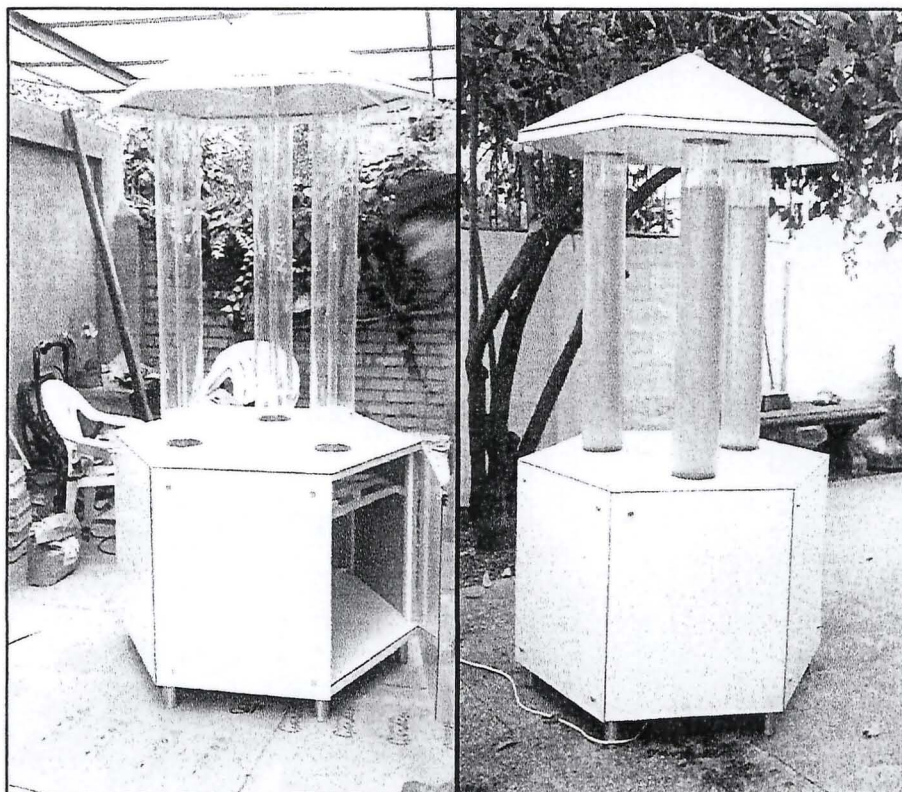


Figura 2. Fotobiorreactor en construcción (izq) y operando con microalgas. (der)

3.1.3 Tercer periodo

Durante este período se trabajó diseñar, construir, implementar y poner en marcha la tecnología de captura de gas de fermentación de mayor capacidad, el cual está actualmente funcionando y capturando gas en la presente vendimia (RE5). El equipo cuenta con una capacidad para producir 5KgGF/hora.

El proyecto se acerca a su final, en el cual se producirá spirulina utilizando el Gas de fermentación y un producto a partir de esta spirulina. El éxito al implementar el sistema de captura mejorado, permitirá almacenar cerca de 160Kg de gas (RE6) los cuales serán enviados a las instalaciones Aeon La Serena para cultivar spirulina, cumpliendo la meta de esta área de ingeniería. Esta cantidad de gas permitirá a su vez producir spirulina con mayor eficiencia por área.

Por el lado de cultivo, los sistemas han sido instalados y se encuentran en fase de prueba. Para el proyecto se cuenta con 3 estanques con una capacidad total de 6000 litros. Los estanques cuentan con un sistema de incorporación de gas de fermentación mejorado capaz de inyectar el gas de forma masiva manteniendo la burbuja fina que difunde el gas con eficiencia.

Adicionalmente en el área de producto y difusión se avanzó en las pruebas finales para lanzar una barra de cereal y fruta enriquecida con Spirulina al mercado, la que permitirá insertar el producto en el mercado de forma masiva, en un formato conocido por el público general, de muy buen sabor y excelentes características nutricionales.

3.1.4 Cuarto periodo

Se trabajó en la construcción y puesta en marcha de los reactores de producción semi industrial de microalgas con incorporación de CO₂ proveniente de la Viña. Se instalaron 3 unidades de estanques para estos fines en un conjunto de 18 estanques que se encuentran en construcción.

Estos estanques se pusieron en marcha en Agosto, contando con un sistema adicional de difusión de gases que le permite entregar una burbuja pequeña de CO₂ al medio de cultivo, la cual puede difundirse para que las microalgas se alimenten de ella.

Se realizó un primer cultivo en el cual se utilizó un medio de cultivo experimental, las microalgas se encontraban en buen estado cuando se administró CO₂ de fermentación, pero el resultado fue negativo, produciéndose la muerte del cultivo a los 2 días de administración del gas. Inicialmente se especuló que el gas podría estar contaminado con algún agente bacteriano o químico que provocó la muerte del cultivo, y se realizó una comprobación en laboratorio con botellones de 20 litros en las mismas condiciones y mismo medio de cultivo, se les administró el Gas de fermentación y CO₂ puro (indura), mientras que se dejó un grupo control con sólo burbujeo. El resultado fué que los cultivos con CO₂ tanto puro como GF presentaron muerte celular a los pocos días, mientras que el control también presentó muerte celular 5 días después. La conclusión fué que el compuesto de control de pH presenta problemas y se cambió por uno estándar.

Por otro lado, se lanzó al mercado la barra de cereal con Spirulina, en una producción de más de 8.000 unidades en sabor berries, la cual ha tenido éxito y aceptación entre los clientes de Aquasolar.

2.1.5 Período Final

Se montó una unidad de cosecha Centrífuga (Gea Westfalia) y un Spray Dry (Galaxie) para completar el proceso productivo de la Spirulina desde el cultivo al secado, llegando así al producto final en la planta de Aeon en La Serena.

Se repitió la prueba en estanques, esta vez con el objetivo de cultivar con gas de fermentación para producir spirulina seca grado alimentario y comparar la cantidad de producto obtenido en las experiencias.

El experimento utilizó las unidades A1 como experimental (con 5% CO₂), A2 como control (con burbujeo de aire) y A3 como control (sin burbujeo de aire).

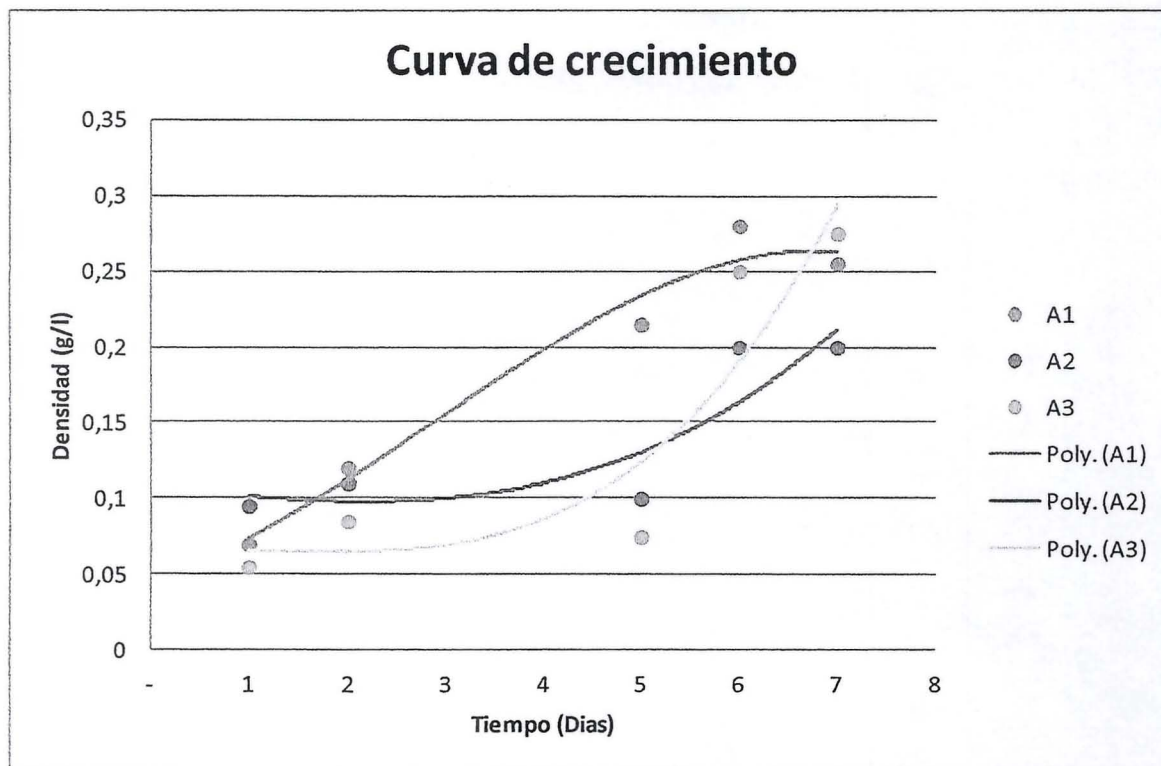


Figura 3. Curva de crecimiento del cultivo

En la curva de crecimiento se observa cómo A1 presenta mejor crecimiento llegando a su máximo 1 día antes que el resto. Al realizar la cosecha se logró obtener biomasa de cada uno de los estanques, midiéndose su peso seco y obteniéndose los siguientes resultados:

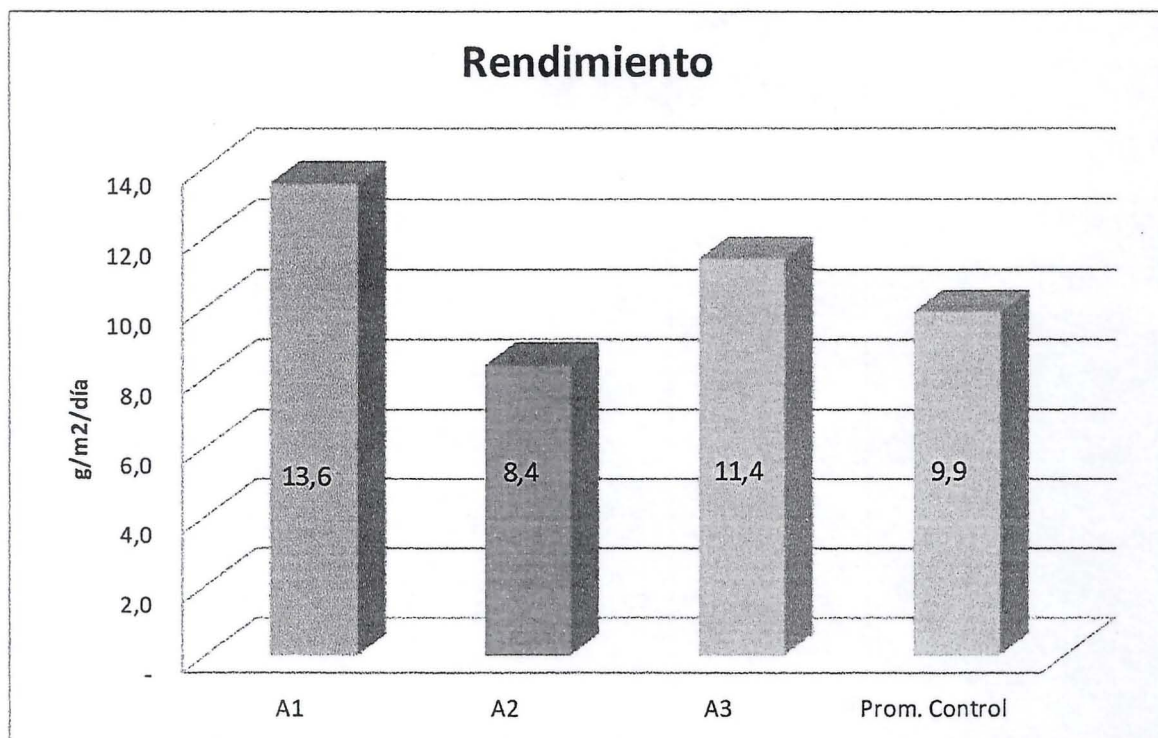


Gráfico 4. Rendimiento de cosecha en g/m²/día.

El incremento en rendimiento de A1 versus el promedio de A2 y A3 fue de un 37%. (Anexo Aeon_2014_fia.xls).

Estos indicadores muestran que un cultivo alimentado con GF logra mayor tasa de reproducción, alcanza su peak antes y logra mayor densidad máxima, lo que se traduce en mayor productividad.

3.2 Resultados por objetivo

Nº OE	Descripción de los objetivos
1	Obtener Gas (CO₂) proveniente de la fermentación y almacenarlo para su utilización como insumo. Se instaló una unidad para prueba de concepto: En una cuba sellada, se conectó la salida a un botellón de CO₂ vacío y se logró capturar una pequeña cantidad de gas (~1,5bar). Luego se construyó una solución con un compresor con capacidad de 8 bar y filtrado para los alcoholes, partículas y humedad. Se lograron capturar 8Kg de gas de esta forma. Finalmente se diseñó una unidad de compresión de 50bar que fue capaz de capturar alrededor de 75Kg de gas en 25 botellones ~3Kg de gas por botellón a 50bar. El equipo en sí cuenta con una capacidad de almacenar alrededor de 5Kg/hora, en forma semi automática. El gas de fermentación tuvo un promedio de 50% de CO₂.
2	Producir el producto Spirulina en polvo incorporando gas de fermentación. Se logró producir en laboratorio spirulina con el gas de fermentación, la cual presentó un crecimiento de 30% superior al control. Se produjo spirulina en fotobiorreactores logrando un rendimiento un 37% superior con respecto al promedio de controles, obteniéndose un rendimiento en el reactor experimental de 13,6g/m²/día vs 9,9g/m²/día de promedio en los controles. La calidad de los productos fué medida por un laboratorio externo (Labser) obteniéndose diferencias en los contenidos de proteína, siendo el grupo tratado con GF superior en su contenido protéico (65,2%) versus el control con aire (58,5%) y el control sin burbujeo (60,7%).
3	Estudiar la factibilidad económica del escalamiento de la tecnología y su impacto ambiental medido en huella de carbono en la Viña y Aeon. El estudio de factibilidad económica demuestra que la captura de CO₂ proveniente de la viña es factible y rentable dado un precio de venta del gas a USD500/ton
4	Difundir los resultados a la industria y los consumidores. Se realizó un trabajo de difusión de los productos a base de Spirulina en Feria Mujer 2011, 2012 y 2013, en feria MCA 2012 y 2013 y otros eventos. Se construyó una primera versión de un Fotobiorreactor Demostrativo (FBRD) entregada a Viña Miguel Torres quienes lo exponen en su propiedad y es parte de su ruta turística. (Ver Anexo 7) Se construyó también una segunda versión mejorada de un FBRD que se montó en Curauma, V región en la rueda de negocios de biotecnología organizado por el NBC (Núcleo Biotecnológico Curauma) donde se exhibió el poster del proyecto y se difundió con personas del ámbito académico y empresarial (ver Anexo 8). Además participó en la EXPOBIOTECH, un evento científico iniciativa de la Universidad de Antofagasta, mediante un comité de la carrera de biotecnología, apoyados por el Gobierno Regional de Antofagasta, la I. Municipalidad de Antofagasta, Ferrocarriles de Antofagasta y empresas de la zona organizada por la Universidad de Antofagasta (ver Anexo 8). También el FBRD v2 se ha expuesto en el "I y II seminario internacional de biotecnología de microalgas aplicada a la industria" organizado por Aeon Biogroup, FCH, Asembio y CORFO. Publicación Marzo de 2014 en Revista Somos, Spirulina y Chlorella, algas ancestrales: El "súper alimento" de nuestro presente. Donde cuenta los beneficios del uso del gas de fermentación proveniente de. (ver Anexo 9).

5	Incorporar el producto del proyecto (Spirulina) en el mercado. Se produjo una barra de cereal enriquecida con Spirulina la cual consiste en dos cereales, futas como manzana y berries, libre de azúcar y endulzada con stevia. La barra fue producida en forma piloto (~16.000 unidades) equivalentes a una hora de trabajo de una máquina industrial. La fórmula resultó con una duración de 6 meses y se vendió en comercios asociados a la red de Aquasolar. El público objetivo tuvo buena aceptación, aunque el público general tuvo una aceptación sólo del 50%. Se logró un precio de venta al público por unidad de \$690 y se lograron vender cerca de 8.000 unidades, el resto se entregó para muestras y análisis. Cada barra contiene 1,5g de microalga, con lo que se insertó aproximadamente 12Kg de Spirulina en el mercado.
---	---

3.3 Resultados específicos

3.3.1 Cuantificación

OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado
1	1	Producción y extracción piloto de gas de fermentación.	El indicador será Kg de GF.	Actualmente no se extrae el GF liberándose al medio ambiente.	Producir 1Kg de GF.	Equipos de extracción, transporte y distribución instalados. 73,5Kg producidos, almacenados y transportados a la planta.
1	2	Análisis de gases incluyendo concentración de CO ₂ .	Entrega de Certificado de análisis de gases por laboratorio. El parámetro indicador será % de CO ₂ y % de otros gases.	Gases no analizados	Gas con una concentración de CO ₂ superior a un 5%, O ₂ no superior a 50%, NOx no superior a un 50%.	Certificado Análisis de Indura indica CO ₂ : 35,1% O ₂ : 12,5% NO ₂ : 50.9% NOx: 30ppm Durante el pleno de la fermentación se capturó gas con mas de 60% de CO ₂ , mientras que al final de la fermentación correspondía a 15-30% CO ₂ , logrando un promedio de ~50% de CO ₂ . Datos medidos con instrumento de mano adquirido por el proyecto.
2	3	Producir crecimiento de Spirulina en laboratorio utilizando GF.	El indicador de esto será la tasa de crecimiento de la Spirulina (SGR).	Cultivo con CO ₂ puro incrementa el crecimiento en un 35% desde una tasa específica de crecimiento (SGR), desde 0,3 a 0,4 (indicar unidades de la tasa de crecimiento).	Producir un incremento en crecimiento equivalente al 60% del incremento producido por el CO₂ puro , es decir equivalente a un SGR de 0,36 (indicar unidades de la tasa de crecimiento).	El incremento obtenido con CO ₂ puro equivale a un 35%, mientras que con GF equivale a un 30%, es decir el el incremento logrado con GF equivale a un 86% del logrado con CO₂ . Se realizaron las comparaciones en % de incremento, no en SGR ya que resultó mas práctico.
1	4	Mejoramiento en la calidad del gas de fermentación (en caso de ser necesario).	El indicador será la tasa de crecimiento de la Spirulina (SGR).	Gas entero, sin filtración ni procesos de depuración.	Producir un incremento en crecimiento equivalente al 70% del incremento producido por el CO ₂ puro, es decir equivalente a un SGR de 0,37 (indicar unidades de la tasa de crecimiento).	Los resultados actuales prueban que el gas de fermentación puede ser utilizado directamente y tiene un efecto equivalente.
1	5	Instalación de equipos para la captura y almacenamiento de	Entrega de Ingeniería básica e instalación de equipos de captura y	Gases son evacuados a la atmósfera.	Equipos con capacidad para producir 20kg de	Se instaló todo el equipamiento necesario para la captura, con capacidad para capturar aproximadamente 5kg/hora. El equipo tiene

		gas proveniente de la fermentación.	compresión del gas. El indicador será la cantidad de GF en Kg de gas por semana.		gas por semana.	capacidad de almacenamiento a una presión de 50bar. Equipo se detiene de forma automática al llenar el estanque a la presión objetivo.
1	6	Producción de Gas en mayor escala de CO ₂ como insumo para el proyecto.	El indicador será Kg/mes de gas.	Gases son evacuados a la atmósfera.	Producción y envío de 80kg de gas por mes durante la época de vendimia.	Captura de 73,5Kg de gas en 25 botellones realizado en 2 días. De haberse necesitado, se podrían capturar mas de 200Kg por semana.
2	7	Producción de biomasa de microalgas incorporando GF al sistema de cultivo FBRH.	Producción de 10kg de microalgas seca (8% de humedad) incorporando GF. Determinación de la curva de crecimiento y productividad del sistema (g/m ² /día)	Se cultiva con CO ₂ proveniente del Aire. Existen las curvas de crecimiento y cifras productivas del sistema utilizando Aire (22,7g/m ² /día).	Aumentar la tasa de producción de microalga seca (humedad al 8%) a 30g/m ² /día o superior.	Se produjo spirulina en fotobiorreactores logrando un rendimiento de 13,6g/m ² /día con GF versus 9,9 g/m ² /día sin utilizar el gas. Esto representa un incremento del 37% con respecto al promedio de controles. Los rendimientos obtenidos son menores que los proyectados inicialmente en el proyecto debido a la época mas fría durante la cual fueron hechos. A la fecha se ha producido 1Kg con gas de fermentación, no se pudo producir mas dentro del proyecto ya que los equipos de secado estuvieron listos en marzo 2014, sin embargo la producción continúa exitosa con GF.
2	8	Evaluación de la calidad del producto Spirulina seca producida con GF.	Informe Ensayo bromatológico, % proteínas, lípidos, ensayos de toxicidad y antioxidantes.	Spirulina normal contiene 60% o superior de proteína, libre de metales pesados y otros contaminantes.	Calidad del producto equivalente o superior al producto normal: superior a 60% de proteínas, libre de metales pesados y otros contaminantes.	La calidad de los productos fué medida por un laboratorio externo (Labser) obteniéndose diferencias en los contenidos de proteína, siendo el grupo tratado con GF superior en su contenido protéico (65%) versus el control con aire (58,5%) y el control sin burbujeo (60,7%). Productos aprueban la norma de alimentos deshidratados. (Aeon_2014_FIA Microbiologico.pdf y Aeon_2014_FIA Bromatologico.pdf)
3	9	Determinar la factibilidad económica del uso del gas de la fermentación para la producción de microalgas.	Estudio de factibilidad económica de la producción y distribución del gas. El indicador será la rentabilidad en %.	Cifras desconocidas.	Solución tecnológica y logística económicamente viable para proveer CO ₂ desde una viña a un cultivo de microalgas que produzca una rentabilidad mínima del 10% en el cultivo de microalgas.	Modelo de factibilidad económica demuestra que es factible y rentable producir GF para el mercado agrícola siempre y cuando el precio del gas sea superior a USD330/ton. En este escenario, la tasa interna de retorno es de un 17,7% con una tasa de descuento del 15%.

3	10	Determinar el impacto de la tecnología sobre la huella de carbono de las empresas.	Estudio de huella de carbono. El indicador será toneladas equivalentes de CO ₂ emitidos.	La bodega de procesos produce un 19% de la huella de carbono de la viña, de los cuales aproximadamente un 10% corresponden a emisiones de gas de fermentación.	Reducir un mínimo de un 3% la huella de carbono de la viña.	Los resultados del estudio demuestran que el proceso de producción y transporte del gas, junto con la producción de alga seca libera 0,03045KgCO ₂ e por cada Kg producido. Por otro lado, cada Kg de alga producido captura 1,83Kg de CO ₂ , lo que deja un balance neto de 1,80KgCO ₂ capturados por Kg de alga producida. A pesar de esto, no se puede descontar directamente sobre la huella de carbono de la viña ya que este CO ₂ es de ciclo biológico y no cuenta en los cálculos de huella actuales.
4	11	Difundir los resultados y la calidad de los productos mediante unidades demostrativas y publicaciones en medios.	Construcción de pilotos demostrativos, Publicación en revistas y medios. El indicador será la cantidad de publicaciones y artículos y la cantidad de empresas que lo ven.	Existen publicaciones sobre Spirulinarealizadas en revista mujer, revista paula, en el diario "el guardián de la salud" e internet.	Efectuar 12 publicaciones en medios, producir 2 unidades demostrativas y asistir a 2 ferias del ramo.	Se realizó un trabajo de difusión de los productos a base de Spirulina en Feria Mujer 2011, 2012 y 2013, en feria MCA 2012 y 2013 y otros eventos. Se construyó una primera versión de un Fotobiorreactor Demostrativo (FBRD) entregada a Viña Miguel Torres quienes lo exponen en su propiedad y es parte de su ruta turística. (Ver Anexo 7) Se construyó también una segunda versión mejorada de un FBRD que se montó en Curauma, V región en la rueda de negocios de biotecnología organizado por el NBC (Núcleo Biotecnológico Curauma) donde se exhibió el poster del proyecto y se difundió con personas del ámbito académico y empresarial (ver Anexo 8). Además participó en la EXPOBIOTECH, un evento científico iniciativa de la Universidad de Antofagasta, mediante un comité de la carrera de biotecnología, apoyados por el Gobierno Regional de Antofagasta, la I. Municipalidad de Antofagasta, Ferrocarriles de Antofagasta y empresas de la zona organizada por la Universidad de Antofagasta(ver Anexo 8). También el FBRD v2 se ha expuesto en el "I y II seminario internacional de biotecnología de microalgas aplicada a la industria" organizado por Aeon boiogroup, FCH, Aembio y CORFO. Publicación Marzo de 2014 en Revista Somos, Spirulina y Chrorella, algas ancestrales: El "súper alimento" de nuestro presente. Donde cuenta los beneficios del uso del gas de fermentación proveniente de. (ver Anexo 9).
5	12	Vender productos de	Facturación de productos	En 2010 Aquasolarutilizó	Insertar 5Kg de	Se produjo 8000 barras de cereal con

		Spirulina en el mercado alimentario	de Spirulina por Aquasolar que contengan la materia prima generada por el proyecto.	750Kg de materia prima importada a través de productos de Spirulina y Chlorella en polvo, tabletas y alimentos funcionales. La calidad, el precio y la cantidad de la oferta de Spirulina en Chile es poco competitiva con el mercado mundial.	Spirulina en el mercado alimentario.	spirulina las cuales contienen 1,5g de spirulina, se han insertado en el mercado cerca de 12Kg de spirulina.
--	--	-------------------------------------	---	--	--------------------------------------	--

3.3.2 Descripción

Nº RE	Descripción Avance	Problemas y Desviaciones	Repercusiones	Acciones Correctivas
1	Equipos de extracción, transporte y distribución instalados. 73,5Kg producidos, almacenados y transportados a la planta.	La vendimia tiene un corto plazo de funcionamiento	Se requiere almacenar mayor cantidad	Se compraron más botellones de almacenamiento
2	Certificado Análisis de Indura indica CO ₂ : 35,1% O ₂ : 12,5% NO ₂ : 50.9% NOx: 30ppm Durante el pleno de la fermentación se capturó gas con mas de 60% de CO ₂ , mientras que al final de la fermentación correspondía a 15-30% CO ₂ , logrando un promedio de ~50% de CO ₂ . Datos medidos con instrumento de mano adquirido por el proyecto.	Variación del %de CO ₂ en la captura	Algunos estanques aparecen con 10% de CO ₂	Se miden todos los estanques antes de usar Se realiza la captura durante el peak de fermentación para maximizar el %de CO ₂
3	Instalación de 2 rack de 3 pisos provistas cada una con iluminación propia y redes de aire y distribución del CO ₂ . Instalación de Aire Acondicionado para el control de temperatura. El incremento obtenido con CO ₂ puro equivale a un 35%, mientras que con GF equivale a un 30%, es decir el el incremento logrado con GF equivale a un 86% del logrado con CO₂ Se realizaron las comparaciones en % de incremento, no en SGR ya que resultó mas práctico.	Las mediciones en SGR resultaron imprácticas debido a la variación en crecimiento hacia valores negativos.	Se optó por otro indicador de medición de crecimiento	Se compró el peso seco y la densidad optica promedio entre los grupos y se determinó un % de incremento.
4	Los resultados actuales prueban que el gas de fermentación puede ser utilizado directamente y tiene un efecto equivalente.		No se requiere mas filtrado que el original	
5	Se instaló todo el equipamiento necesario para la captura, con capacidad para capturar aproximadamente 5kg/hora. El equipo tiene capacidad de almacenamiento a una presión de 50bar. Equipo se detiene de forma automática al llenar el estanque a la presión objetivo.	Fuédifícil encontrar un equipo de estas características dentro del presupuesto del proyecto	Hubo que buscar en mercados alternativos	Se encontró un equipo en la industria del buceo comercial.
6	Captura de 73,5Kg de gas en 25 botellones realizado en 2 días. De haberse necesitado, se podrían capturar mas de 200Kg por semana.	No fue necesario capturar mayor cantidad ya que alcanzaba con lo existente, además no habían mas botellones para almacenar.		
7	Se produjo spirulina en fotobiorreactores logrando un rendimiento de 13,6g/m ² /día con GF versus 9,9 g/m ² /día sin utilizar el gas. Esto representa un incremento del 37% con respecto al promedio de	A la fecha se ha producido 1Kg con gas de fermentación, no se pudo producir mas dentro del proyecto ya que los equipos de secado estuvieron listos en	Se lograron los incrementos en % pero no los rendimientos	Se trabaja en las mejoras en medio de cultivo y técnicas productivas.

	controles. Los rendimientos obtenidos son menores que los proyectados inicialmente en el proyecto debido a la época mas fría durante la cual fueron hechos.	marzo 2014, sin embargo la producción continúa exitosa con GF.	proyectados	
8	La calidad de los productos fué medida por un laboratorio externo (Labser) obteniéndose diferencias en los contenidos de proteína, siendo el grupo tratado con GF superior en su contenido protéico (65%) versus el control con aire (58,5%) y el control sin burbujeo (60,7%). Productos aprueban la norma de alimentos deshidratados. (Aeon_2014_FIA Microbiologico.pdf y Aeon_2014_FIA Bromatologico.pdf)		-	-
9	Modelo de factibilidad económica demuestra que es factible y rentable producir GF para el mercado agrícola siempre y cuando el precio del gas sea superior a USD330/ton. En este escenario, la tasa interna de retorno es de un 17,7% con una tasa de descuento del 15%.			
10	Los resultados del estudio demuestran que el proceso de producción y transporte del gas, junto con la producción de alga seca libera 0,03045KgCO ₂ e por cada Kg producido. Por otro lado, cada Kg de alga producido captura 1,83Kg de CO ₂ , lo que deja un balance neto de 1,80KgCO ₂ capturados por Kg de alga producida. A pesar de esto, no se puede descontar directamente sobre la huella de carbono de la viña ya que este CO ₂ es de ciclo biológico y no cuenta en los cálculos de huella actuales.	Los resultados indican que existe reducción en emisiones de CO ₂ a la atmósfera, y que balanceando lo que se emite al transportarlo, aún hay una captura neta significativa, pero dado que el carbono proveniente de la uva es parte del ciclo biológico, este no cuenta en la huella de carbono, por lo tanto no habría reducción directa de la huella de carbono de la viña. Por el lado de Aeon si habría reducción de huella al reemplazar el CO ₂ puro por gas de fermentación.	El modelo económico debe poner mayor énfasis en beneficios económicos de la viña para instalar el sistema de captura, generando una mayor competitividad en sentido económico por realizar la captura.	Se revisará la capacidad de efectuar marketing que hable de la reducción de emisiones de la viña. Se pondrá mayor énfasis en el beneficio económico del modelo.
11	Se realizó un trabajo de difusión de los productos a base de Spirulina en Feria Mujer 2011, 2012 y 2013, en feria MCA 2012 y 2013 y otros eventos. Se construyó una primera versión de un Fotobiorreactor Demostrativo (FBRD) entregada a Viña Miguel Torres quienes lo exponen en su propiedad y es parte de su ruta turística. (Ver Anexo 7) Se construyó también una segunda versión			

	mejorada de un FBRD que se montó en Curauma, V región en la rueda de negocios de biotecnología organizado por el NBC (Núcleo Biotecnológico Curauma) donde se exhibió el poster del proyecto y se difundió con personas del ámbito académico y empresarial (ver Anexo 8). Además participó en la EXPOBIOTECH, un evento científico iniciativa de la Universidad de Antofagasta, mediante un comité de la carrera de biotecnología, apoyados por el Gobierno Regional de Antofagasta, la I. Municipalidad de Antofagasta, Ferrocarriles de Antofagasta y empresas de la zona organizada por la Universidad de Antofagasta(ver Anexo 8). También el FBRD v2 se ha expuesto en el "I y II seminario internacional de biotecnología de microalgas aplicada a la industria" organizado por Aeon boiogroup, FCH, Aembio y CORFO. Publicación Marzo de 2014 en Revista Somos, Spirulina y Chlorella, algas ancestrales: El "super alimento" de nuestro presente. Donde cuenta los beneficios del uso del gas de fermentación proveniente de. (ver Anexo 9).			
12	Se fabricaron y lanzaron al mercado las barras de cereal enriquecidas con spirulina, cumpliendo el objetivo a cabalidad	Las barras tuvieron aceptación intermedia en el público, hubo un 60% de aprobación, ya que el color verde generó rechazo en un 50% de los entrevistados. El mercado de personas saludables sin embargo, presentó gran avidez a pesar de su color.	Hay ingredientes que hay que eliminar de la barra por no enmascarar bien el color	Se producirá un nuevo prototipo que mejore el aspecto general de la barra.
12	Se evaluó el uso de spirulina para el mercado animal, sosteniéndose reuniones con Biomar (salmones), Ewos (Salmones), Natufeed (Pollos, cerdos) y Superpollo (pollos), en todas las cuales se determinó que el precio de trabajo para los alimentos animales es desde 0,5USD/Kg a 2USD/Kg, dependiendo de los contenidos funcionales.	El costo de Spirulina (12USD/kg) deja al producto completamente fuera de rango para el mercado animal.	Se descarta el uso de spirulina como ingrediente de consumo animal.	Se evalúa la posibilidad de cultivar otras algas de menor costo como Nannochloropsis y otras marinas para otro proyecto.

3.4 Hitos críticos

Nº RE	Hitos críticos	Fecha Programado	% Avance a la fecha	Fecha Real Cumplimiento
1	Producción de 1 Kg GF a partir de la fermentación de uva.	Dic 2011	100	Mayo 2012
3	Producción de biomasa de Spirulina en laboratorio utilizando GF como insumo.	Mar 2012	100	Abr 2012
3	Cultivo de laboratorio con GF incrementa el crecimiento de Spirulina al menos en un 30% a partir de una tasa de crecimiento de 0,3 (indicar unidades de la tasa de crecimiento).	Oct 2012	100	Mayo 2012
7	Producción del primer Kg de biomasa seca de Spirulina (<i>Arthrospiraplatensis</i> con 8% de humedad) utilizando GF	Nov 2012	100	Abr 2014
8	Certificados de la calidad del producto aprueban su uso como alimento.	Abr 2013	100	Abr 2014
9	Proyecto de producción industrial de microalgas utilizando GF aprueba con VAN y TIR positivos (TIR mínimo de un 10%).	Jul 2013	100	Abr 2014
10	Se certifica la huella de carbono de la Viña, la reducción directa no pudo ser realizada, sin embargo existe reducción de emisiones.	Abr 2013	100	Nov 2013
12	Venta de al menos 500g de Spirulina producida por el proyecto	Mar 2013	100	Nov 2013

4. CAMBIOS EN EL ENTORNO

4.1 Tecnológico

Las consecuencias del cambio climático en el mundo se han hecho evidentes en el último tiempo debido a que ha generado una mayor consciencia que se manifiesta en la preocupación principalmente de sectores productivos contaminantes por introducir nuevas tecnologías que permitan disminuir la huella de carbono que genera traumas al planeta tan indeseables como el efecto invernadero. A ello se suma la dependencia que tiene nuestro país de disponibilidad del recurso energético que lo ha llevado a establecer condiciones que permiten la incorporación de nuevos recursos de fuentes renovables no convencionales entre los que se encuentra el gas de fermentación vitivinícola. La tendencia mundial está orientada a incorporar nuevas alternativas energéticas teniendo entre ellas la energía eólica, fotovoltaica, bioproductos y dentro de ésta última las generadas por los recursos agrícolas como el maíz, el raps, la canola, coco y la vid entre otros.

El desarrollo productivo de las microalgas utilizando los distintos tipos de fotobioreactores como los AlgaeCircles de Aeon crea ventajas competitivas en torno a los rendimientos que se espera alcanzar, para lo cual tampoco se requiere de grandes inversiones y extensiones de terreno, dejando el espacio suficientes para incorporar al mercado productos a bajo costo, con alto poder nutricional como los ya introducidos por Aquasolar Ltda. y que ayudan a disminuir el efecto invernadero.

La tecnología de FBRH desarrollados por Aeon Biogroup es una gran innovación por sí misma, al combinar las ventajas de los cultivos masivos con el grado de control de los fotobioreactores cerrados. Esta innovación además sería la primera de su tipo en alcanzar un volumen semi-industrial y además la primera en ser productiva, con productos que tienen destino en el mercado. Otra gran innovación es la incorporación del gas CO₂ proveniente de la fermentación del vino al proceso de cultivo microalgal, materia que no ha sido probada en ningún otro lugar del mundo a una escala semi-industrial.

Se observa interés de otros grupos por crear una solución similar a la planteada para capturar el CO₂ de viñas con microalgas. En Chillan Ricardo Ribbeck con su proyecto "Cultivo de Spirulina para Producir Proteínas de Consumo Humano con inyección de CO₂ de la Vinificación", desarrollado con Greentech y la Universidad de Concepción ideando bajar las emisiones de CO₂ en la vinificación y desarrollo de un alimento funcional.

Con el objetivo de bajar la huella de carbono CleanEnergy Chile trabaja usando CO₂ y otros gases de efecto invernadero de las emanaciones de termoeléctricas en Ventana (V Región), la biomasa producida no es viable para consumo humano por su alta toxicidad. La firma española AlgaeEnergy con su proyecto "CO₂Algaefix" pretende capturar el gas de combustión termoeléctrico para producir microalgas y emplearlo en sectores como: acuicultura, cosmética, energía y/o nutrición.

La tecnología desarrollada por Aeon es bastante única en el mercado de las tecnologías de producción masiva de microalgas, ya que pocos reactores logran gran volumen y bajos costos de instalación por hectárea, manteniendo alto control y bajo consumo de energía. Así su modelo de negocio el cual es convertirse en plataforma para obtener el valor agregado de todas las potencialidades que tiene la microalga. A través de un modelo de licensing vender el servicio y ganar por royalty.

Para seguir especializándose Aeon realizó una gira en Diciembre a California, EEUU para revisar las tecnologías emergentes en el área de la biotecnología, con especial interés sobre las microalgas. Durante este período más la investigación que Aeon realizó durante Diciembre, se observó que se están desarrollando numerosas tecnologías para ayudar al cultivo de microalgas, desde aparatos para remover agentes contaminantes, pulsos electromagnéticos que aumentan el crecimiento celular, técnicas de cultivo para estimular la secreción de metabolitos al medio hasta modificaciones genéticas para obtener cepas de mayor rendimiento. En el ámbito de procesamiento, existen varios avances para extraer compuestos de interés desde la biomasa de microalgas, como también técnicas de separación de aceites, cosecha y secado de bajo consumo energético entre otros. En el ámbito de sistemas de cultivo sin embargo, no se observó la aparición de nuevas tecnologías competidoras con la de Aeon. Los desarrollos que existen ya son conocidos y se privilegia principalmente el uso del tradicional Raceway, con ese sistema poco eficiente la industria sigue avanzando y existen algunas inversiones como la de SyntheticGenomics que se dice que planea instalar una planta de 40Há.

4.2 Mercado

De este proyecto se espera generar una demanda CO₂ de las viñas a través del cultivo de microalgas, como a su vez, producción de Spirulina para ser vendida al mercado humano y animal.

✓ ¿Cómo se benefician el Ejecutor y Asociados?

En la actualidad, Aquasolar es una empresa que comercializa Spirulina tanto en tabletas como en Polvo. La distribución se realiza a través de farmacias y ventas online a través de la página web www.aquasolar.cl. Como se mencionó anteriormente, Aeon Biogroup es una empresa que actualmente cuenta con una planta piloto para la producción de Spirulina, la que en el futuro, se espera tenga producciones masivas para abastecer el mercado actual de Aquasolar, como otros clientes internacionales interesados en este producto. Por otra parte, la Viña Miguel Torres genera aproximadamente 60.000Ton de CO₂ por año producidas por los procesos de fermentación de la uva.

En este contexto, los resultados de este proyecto de investigación y escalamiento serán muy importantes para poder determinar los niveles óptimos de capturas del CO₂ proveniente de la viña para alimentar los cultivos de microalgas con el objetivo de aumentar el crecimiento para la producción masiva de biomasa de Spirulina por parte de Aeon Biogroup, y su posterior venta por parte de Aquasolar, donde se utilizará toda su actual cadena de comercialización y distribución.

Todos los actores de este proyecto se benefician generando un mercado mutuo de consumidor y proveedor de CO₂ vitivinícola. Este modelo es totalmente aplicable a otras plantas de microalgas y a otras viñas, generando un mercado a nivel nacional.

✓ Productos y/o servicios involucrados

Los principales productos y/ servicios involucrados en el proyecto son:

- CO₂
- Spirulina en polvo a granel para consumo animal.
- Spirulina en polvo y tabletas para consumo humano (según los resultados de la calidad del producto obtenida a base de este proyecto de investigación).

✓ Volúmenes de venta

Los volúmenes de venta finales dependerán de la capacidad de producción que se tenga según los resultados de este proyecto de investigación, sin embargo, se espera un mercado de 60.000 ton de CO₂/año (solo en el caso de Viña Miguel Torres), y aproximadamente 1000 toneladas de Spirulina por año en la etapa industrial si los resultados de escalamiento esperados de este proyecto son exitosos.

✓ Niveles de precios

Los precios actuales en el mercado de la Spirulina a granel son los siguientes:

El precio de la Spirulina orgánica en tabletas para venta retail para consumo humano es de aprox. US\$75/Kg

El precio del CO₂ será parte de los resultados de la investigación de los procesos en este proyecto, sin embargo, según los estudios preliminares, el precio del CO₂ no debería ser inferior a USD15/Ton

Spirulina Granel	<u>No</u> <u>Orgánica</u> <u>US\$/Kg</u>	<u>Orgánica</u> <u>US\$/Kg</u>
Tabletas	\$12 - 35	\$16 - 45
Polvo	\$8 - 17	\$12 - 25

✓ Canales de comercialización

- En el caso del CO₂, Viña Miguel Torres venderá su CO₂ a Aeon Biogroup.
- En el caso de la Spirulina, Aeon Biogroup venderá la biomasa de Spirulina producida a AquasolarMicroalgas.
- Aquasolar venderá sus productos a través de su red de clientes en Chile y el Exterior.

✓ Mercado consumidor:

El mercado consumidor del CO₂, serán principalmente los cultivos de microalgas, y otras industrias que necesiten CO₂ de alta calidad como insumo productivo. El mercado de la Spirulina será principalmente consumo humano en una primera etapa, y el mercado de consumo animal en una etapa de mayor producción.

El mercado de los alimentos funcionales y la comida saludable ha experimentado un crecimiento explosivo en 2012. Muchas compañías están interesadas en desarrollar productos con características nutricionales funcionales.

El mercado de alimentación animal está interesado en fuentes de proteína alternativa a la animal (harina de pescado, hueso u otros).

✓ Proveedores:

Los proveedores principalmente serán las empresas de nutrientes, energía y tecnología de captura de CO₂ para el cultivo de microalgas.

✓ Competidores que enfrentaría el proyecto:

En el caso del CO₂, los competidores serán otras soluciones o usos que pueda tener el CO₂ proveniente de la viña. En el caso de la Spirulina, los competidores principales serán otros productores de tabletas y/o biomasa de Spirulina, como por ejemplo la compañía Cyanotech en Hawaii, Earthrise en Estados Unidos y productores provenientes de Asia (especialmente China), así como también todas aquellas compañías que comercializan suplementos alimenticios naturales.

✓ Mercados emergentes

La industria de las microalgas y específicamente su reproducción para fines productivos, energéticos, alimenticios y farmacéuticos está revolucionando la industria mundial.

Gama de productos que se pueden obtener:

NICHO	PRODUCTOS	MERCADOS
ALIMENTOS	Spirulina, Chlorella, Omega3 DHA, Antaxantina, Proteínas	Consumo humano y animal
FARMACOLOGIA	Pigmentos, Compuestos de alto valor, proteínas especializadas	Uso humano
COSMETICA	Pigmentos, Compuestos de alto valor	Uso humano
BIOQUIMICOS	Bioplásticos	Uso industrial
BIOFERTILIZANTES	Biofertilizantes	Uso agrícola
BIOCOMBUSTIBLE	Biodiesel, bioetanol, biogás,	Transporte, industria
TRATAMIENTO DE AGUAS Y RILES	Tratamiento y limpieza de aguas y riles	Minería, sanitarias
CAPTURA Y DISPOSICION DE CO2	Captura de CO ₂ , disminución huella de carbono	Emisores de CO ₂ , ej. termoeléctricas, viñas, cementeras

-Spirulina para alimentación humana: En el caso del mercado de Spirulina para alimentación humana, hoy se producen aproximadamente 12.000 toneladas en el mundo, siendo Estados Unidos, China e India los mayores productores del mundo con un mercado que crece entre un 10 a un 15% anual, y se espera que para el 2020, la demanda supere las 25.000 toneladas. Para este mercado, Aeon Biogroup cuenta con una marca comercial llamada Aquasolar (www.aquasolar.cl), la que actualmente vende productos de Spirulina y *Chlorellavulgaris* para consumo humano entre otras cosas. Por otra parte, Aeon se encuentra investigando y desarrollando junto a partners estratégicos diferentes aplicaciones y productos finales a base de Spirulina.

-Spirulina para alimentación animal: En el caso de Spirulina para el consumo animal, Aeon Biogroup se encuentra trabajando con la empresa Biomar, uno de los productores más importantes de alimentos para salmones en Chile y en el mundo, para el desarrollo de dietas complementadas con Spirulina para la salmonicultura en Chile y los otros países donde Biomar tiene presencia. El mercado de alimento para salmones supera las 50.000 tons al año, y se espera cubrir al menos un 5% de esa cantidad con Spirulina en los próximos 7 años.

-Aceites ricos en Omega 3 y 6. De acuerdo al reporte "Omega-3: Global ProductTrends and Opportunities" (<http://www.packedfacts.com/Omega-Global-Product-6385341>), el mercado global de consumo de Omega 3 en los productos de alimentación y bebestibles, salud y belleza (incluyendo suplementos) y alimento para mascotas alcanzó los US\$13 billones en el mundo durante el 2011. Para esto, Aeon Biogroup se encuentra participando en un proyecto de estudio de cepas y producción de Omega 3 junto a Fundación Chile e InnovaChile de Corfo.

-Bio-plásticos a través de cepas ricas en producción de carbohidratos que aún se están estudiando. Se espera que el mercado de los bio-plásticos a nivel mundial se triplique a 1 millón de toneladas, valorizado en aproximadamente US\$2,9 billones para el año 2015. Aeon Biogroup se encuentra en la etapa de investigación y desarrollo de este mercado junto a la empresa Comberplast para el desarrollo de materias primas para bio-plásticos a partir de microalgas.

-Biocombustibles para aviones a través de cepas ricas en producción de aceites como *Chlorellaneustonica*. El mercado de combustible para aviones a nivel mundial supera los US\$600 billones, y se espera que las líneas aéreas utilicen un 1% de biocombustible para el año 2015, y un 5% para el año 2020. Aeon Biogroup se encuentra en la etapa de investigación de este tipo de combustibles con LAN AIRLINES debido a la necesidad de desarrollar materias primas que sean capaces de abastecer a este mercado en el futuro cercano

4.3 Leyes, regulaciones, barreras normativa laborales y medioambientales, responsabilidad social empresarial, entre otros.

Los suplementos alimentarios son "productos destinados a complementar la dieta con fines saludables y contribuir a mantener o proteger estados fisiológicos característicos". Los suplementos alimentarios son una clase particular de alimentos y, como tales, se encuentran regulados por las disposiciones del Reglamento Sanitario de los Alimentos, D.S. N° 977 de 1996, modificado el año 2002 (DS. 253). Dentro de los suplementos alimentarios se encuentran productos antioxidantes, adelgazantes, multivitamínicos, entre otros. Deben ser registrados en el SESMA y en el Instituto de Salud Pública, respectivamente, previos a ser comercializados.

Respecto al panorama ambiental y de reducción de CO2 las leyes chilenas aún están muy cojas, existen parámetros máximos permitidos pero las empresas se han visto enfrentadas a normativas internacionales para exportar pero no ha sido una preocupación a nivel país de modificar y crear nuevas leyes.

Según la biblioteca del congreso nacional Uno de los efectos de la preocupación mundial por el cambio climático es la oportunidad que ofrece la venta de bonos de carbono. Chile es el quinto país oferente de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), partió siendo uno de los países más atractivos para invertir en la primera etapa entre el 2000 y el 2003, pero se ha estancado su proceso y han salido otros latinoamericanos a la competencia, como Perú, Colombia, Argentina, Brasil y México.

Sin embargo, aún queda mucho por hacer. Chile representa un 3,2% del nivel mundial de ofertas de bonos de carbono y un 34% de ella se vende a los nipones, quienes para el año 2012 comprarán reducciones por 100 millones de toneladas de dicho instrumento. Esto a modo de ejemplo, pues existen más países interesados.

Recientemente, Australia se adhirió al Protocolo de Kioto y deberá empezar a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero o comprar la reducción de otros como nosotros, para lo cual a este proyecto ya se han cotizado dos empresas que se dedican a este rubro, así aprovechar los recursos de forma óptima y no solo encontrar soluciones a problemas específicos sino que trabajar a nivel país.

A la fecha ya existen, para el cálculo de la huella de carbono, normas que regulen metodológicamente su evaluación o que registren Factores de Emisión válidos por países, esto ocurre gracias a la norma **ISO-14067.PAS 2050** proporciona directrices para las Huellas de Carbono de los productos y servicios, la contabilidad de las emisiones de ciclo de vida completo de un producto o servicio.

Si no se respetan estas normas el desempeño de la economía chilena se verá afectado. Se desarrolló un modelo que estima los posibles efectos sobre las exportaciones del país a las naciones pertenecientes a la OECD para el año 2020. El modelo empleado estima que frente a la "acción" de no tomar ninguna medida específica destinada a la reducción de emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI), las exportaciones de Chile a la OECD se verán disminuidas en 26.000 millones de dólares en un escenario de crecimiento alto a largo plazo y 24.000 millones de dólares en un escenario de crecimiento más realista, respectivamente. Estas cifras corresponden al 50% y 52% respectivamente de las exportaciones que se podrían haber enviado, en caso de tomar acciones de mitigación basada en acciones únicamente provenientes de decisiones políticas. Esta última estrategia de acción de emisiones, no conllevaría cambios con respecto a las exportaciones proyectadas en un escenario carente de consideraciones ambientales.

5. AUTOEVALUACION

5.1 Pregunta N°1

¿Considera que su proyecto logrará insertar en el mercado el bien o servicio o mejorar la competitividad?

R.- La ventaja de Chile en la producción de microalgas es muy grande ya que existen grandes producciones de destilados y vino a partir de uva de las cuales se puede capturar un CO₂ alimentario, ventaja con que pocos países cuentan, además de poseer tierras desérticas y abundante Sol. Aprovechando este escenario junto con un buen marketing, los productos del proyecto tendrán segura entrada al mercado por precio y calidad.

Las viñas también verán aumentada su rentabilidad debido a que al capturar su propio CO₂ para usarlo en su proceso de envasado el cual actualmente debe ser comprado.

Dados los resultados del proyecto, es factible y económicamente viable hacer captura del gas de fermentación de los viñedos y pisqueras para ser utilizado en procesos agrícolas como el cultivo de microalgas. En el cultivo de microalgas el rendimiento adicional

5.2 Pregunta N°2

¿Cómo evalúa los resultados obtenidos en función del objetivo general del proyecto?

Los resultados son positivos, se logró demostrar que el gas es capturable, almacenable, transportable y que produce resultados de crecimiento positivos en las microalgas. Esto significa que puede ser utilizado como un insumo productivo en el cultivo de microalgas. Además habilita el uso del gas para otras aplicaciones agrarias como el cultivo en invernadero.

5.3 Pregunta N°3

¿Cómo evalúa el grado de cumplimiento de las actividades programadas?

Las actividades han cumplido a cabalidad los objetivos del proyecto, sin embargo los plazos fueron mayores debido a la velocidad de construcción de la planta AlgaeCircles (Actividad fuera del proyecto) que fué más lenta que la programada originalmente, lo que retrasó la fecha de entrega de la planta, retrasando el objetivo final del proyecto de producir spirulina seca grado alimentario con gas de fermentación. Aún así, los objetivos fueron cumplidos exitosamente.

El único objetivo cuyo resultado fué negativo respecto a lo planteado originalmente es la reducción de huella de carbono, cuyos resultados indican que si bien hay reducción de emisiones, éstas no cuentan en las metodologías actuales en el cálculo de huella de carbono, por lo tanto no habría reducción de huella en los productos de la viña pero sí externalidades ambientales positivas, que pueden ser publicitadas de otras formas.

5.4 Pregunta N°4

¿Cómo ha sido la participación de los asociados?

Se mantuvo una comunicación constante con Viña Miguel Torres, quienes tuvieron una actitud cooperativa y abierta para tratar los temas. Se llegaron a acuerdos con la contratación de empresa de ingeniería. Se observó un alto expertise en la fermentación del vino y su control.

La participación de Aquasolar ha sido expedita y superando los objetivos, dado que es una empresa del grupo de Aeon, la comunicación fué muy fluida y se pudo asistir varias ferias realizando un buen trabajo de difusión para llegar al cliente final.

6. CONCLUSIONES

El proyecto ha sido exitoso en casi todos los objetivos, fue capaz de capturar gas de fermentación con altos contenidos de CO₂, filtrarlo, almacenarlo y transportarlo a la planta de microalgas. Se logró filtrar los alcoholes de forma rápida y económica utilizando filtros de agua, bajando el contenido de éstos a niveles mínimos que permitieron la compresión del gas a mayor presión (50bar). La captura del gas se debería hacer a mayor presión (250bar) pero sobre los 60bar el CO₂ se licúa, por lo que se necesitan otros equipos para aumentar la presión subiendo importantemente los costos.

En la planta de microalgas el gas produjo un incremento en producción superior al 30%, lo que constituye una interesante mejora al cultivo de microalgas, las algas incrementaron también su concentración de proteína (del 60 al 65%) lo que indica que el uso del gas es beneficioso para la producción y la calidad del producto.

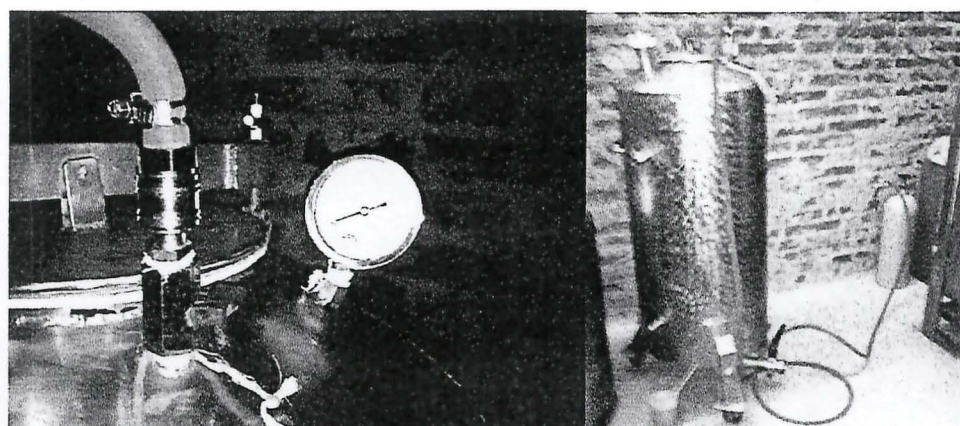
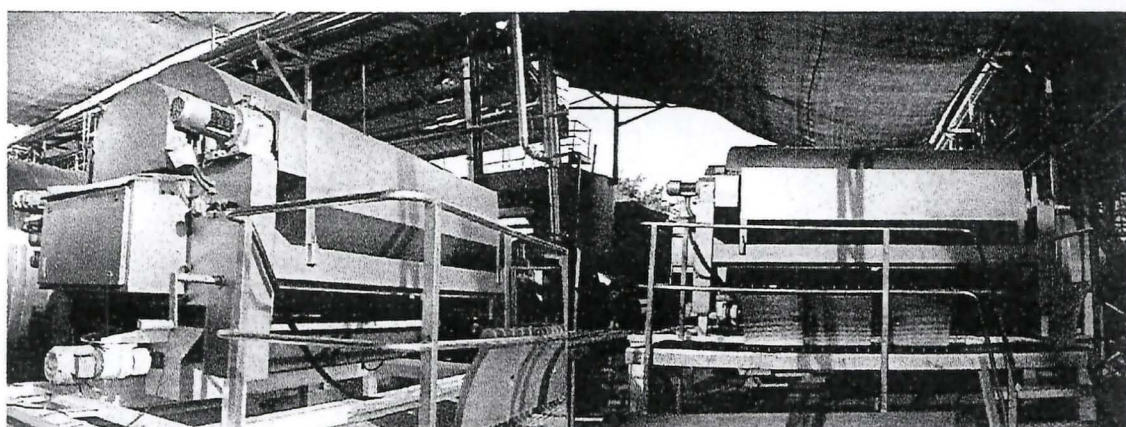
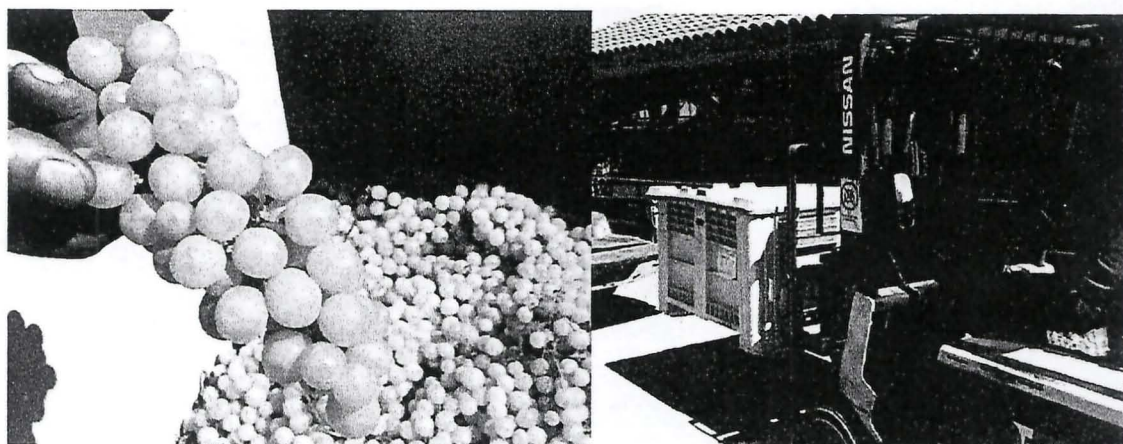
La instalación de equipos y sistemas de captura prueba ser económicamente viable al vender el gas sobre 330dólares por tonelada, lo que significa un precio muy conveniente para producciones agrícolas como las microalgas. Es posible interesar a productores de vino y pisco para instalar estos sistemas de tal manera que puedan utilizar el gas para sus propios consumos y para la venta a otros consumidores agrarios como las plantas de microalgas o el uso en invernaderos.

La reducción de huella de carbono mediante el uso del GF en el cultivo de microalgas es inviable debido a que el carbono emitido en la fermentación se considera de ciclo biológico y no cuenta en las metodologías actuales de cálculo de huella de carbono. Sin embargo, los resultados dicen que se captura cerca de 1,8Kg de CO₂ por cada Kg de alga producida con GF incluyendo todas las emisiones de captura y transporte del gas y las algas. Esto puede constituir la base para el desarrollo de una futura metodología de reducción de huella.

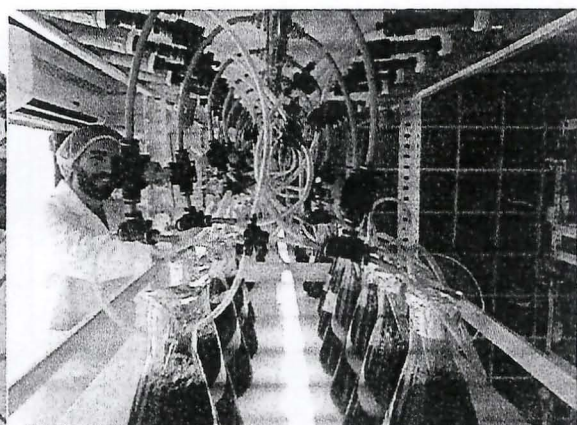
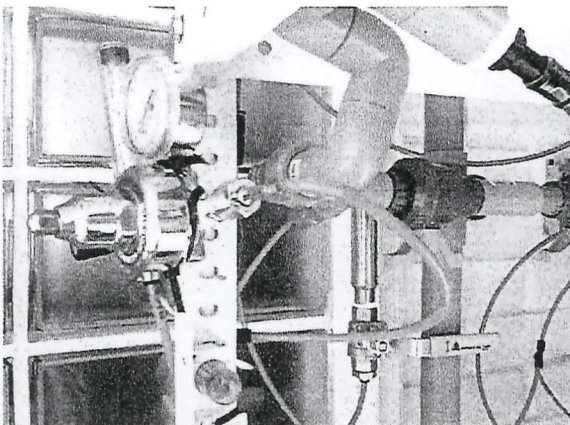
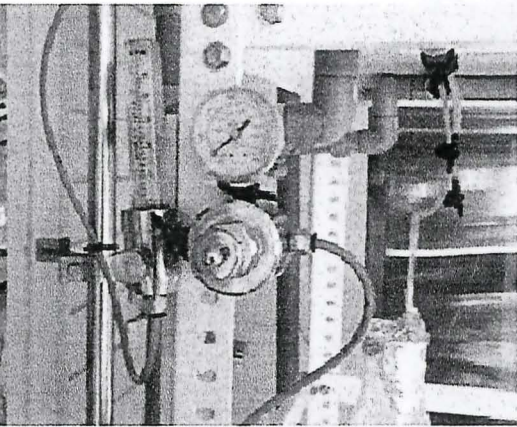
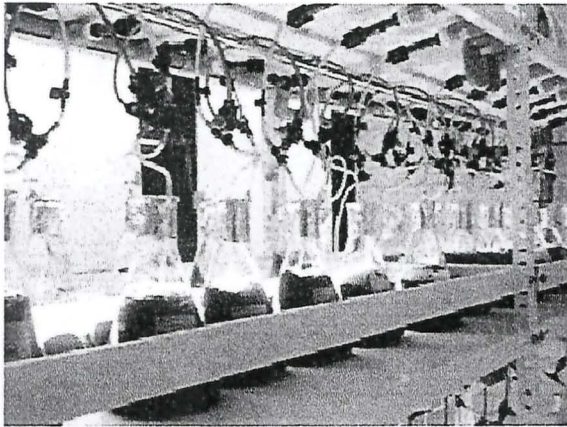
La spirulina puede ser insertada en el mercado alimentario humano en productos enriquecidos con ella, como las barras de cereal desarrolladas en el proyecto, en la cual se utilizan berries y cereales para enmascarar el sabor del alga. Se necesita un mayor esfuerzo para enmascarar el color del producto ya que en la prueba organoléptica, la mayoría del rechazo se produjo por aspecto del producto donde el color verde oscuro juega un papel importante.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotos de Viña Miguel Torres



ANEXO 2. Laboratorio Aeon con red distribución de CO₂.



ANEXO 3. Resultados de la primera prueba de crecimiento con gas.

Introducción:

Tras la llegada de los cilindros con gas de fermentación provenientes de la Viña Miguel Torres a las instalaciones de AEON Biogroup ubicadas en Quebrada de Talca (La Serena), se procedió a montar una experiencia utilizándolos en Fotobioreactores (FBR) cultivados con *Arthrospiraplatensis*, con el fin de probar su efectividad en el crecimiento de estos.

Tabla N°1: Muestra tipo de aireación que recibe cada FBR.

	Airlift	Aireación	Adición de CO2
FBR1	★	★	★
FBR2	★	★	
FBR3	★		

De esta forma el FBR1 fue al que se le suministro gas de fermentación. Los 3 FBRs comenzaron con una concentración promedio de 0.25 gr/L aprox y fueron cultivados con el mismo medio de cultivo, el cual estaba compuesto de 3 partes:

1. Solución pH: Carbonato de sodio.
2. Macronutrientes: nitratos, fosfatos, sulfatos, entre otros.
3. Micronutrientes: Metales y otros compuestos traza.

Esta experiencia comenzó el día 5 de Agosto de 2013 y ya al día 6 de agosto el FBR1 presentaba un color amarillento, espuma y mal olor, provenientes de actividad bacteriana como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 1 Anexo 3: FBR1 tras un día de aplicación de gas de fermentación.

Al ver este resultado y analizar las posibles causas se llegó a la conclusión, que el problema radicaba en la reacción de la solución pH con el gas de fermentación.

Dicha solución pH era una variación de la usada protocolarmente ya que normalmente se utiliza Bicarbonato de Sodio.

Con el fin de comprobar que el gas de fermentación no era el problema, si no alguna otra reacción química producida por la solución pH, se procedió a montar una nueva experiencia utilizando esta vez, la solución pH original (bicarbonato de sodio) en botellones de 20 litros (en el invernadero). Es este diseño experimental el que se mostrara a continuación.

Material y métodos:

El día 14 de septiembre de 2013 se comenzó un nuevo experimento, este consiste en inyectar gas de fermentación a 3 botellones de 20 litros y tener 2 botellones "control" sin inyección de gas de fermentación. El resumen del diseño experimental y los datos de inicio se mostraran a continuación:

Tabla 1 Anexo 3: Resumen del diseño experimental y las características iniciales del cultivo.

Botellón	Tratamiento	ABS _{inicial} (óptica)	Densidad inicial (gr/L)	Volumen (litros)	Medio Zarrouk *	Fecha
1	Con gas de fermentación	0.211	0.538	20	20%	14-09-213
2	Con gas de fermentación	0.27	0.452	20	20%	14-09-213
3	Con gas de fermentación	0.236	0.44	20	20%	14-09-213
C1	Burbujeo Aire	0.231	0.436	20	20%	14-09-213
C2	Burbujeo Aire	0.182	0.332	20	20%	14-09-213

Medio Zarrouk*: Con solución pH original (Bicarbonato de Sodio).



Figura 2 Anexo 3:A la izq los 3 botellones con inyección de CO₂ y a la derecha los 2 botellones “control”

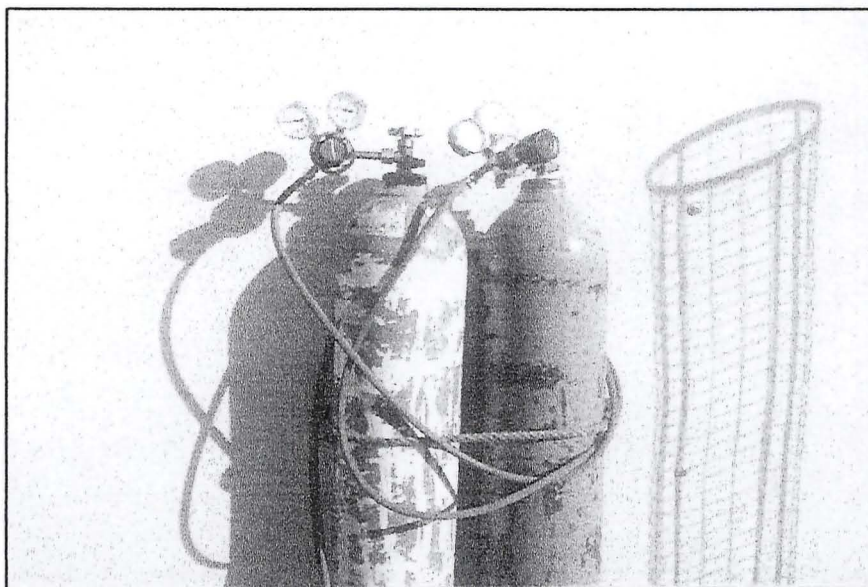


Figura 1 Anexo 3:Cilindros con gas de fermentación que alimentan los cultivos interiores.

El monitoreo es de carácter diario y el principal parámetro que se midió fue el crecimiento a través de la absorbancia (ABS) con el uso de un espectrofotómetro. Este mide la muestra diluida a una longitud de onda de 584nm. El peso seco solo se midió en 2 veces (inicial y final).

El día 23 de Septiembre de 2013, los cultivos fueron realimentados con Medio Zarrouk, pero esta vez solo al 10%.

Resultados:

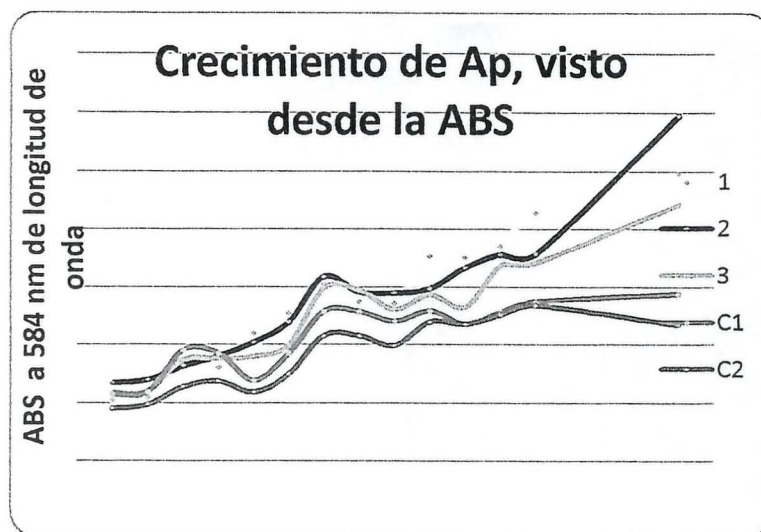


Grafico 1 Anexo 3: En colores azules se muestran los cultivos con inyección de gas de fermentación y en rojo-verde los controles (C1 y C2)

Tabla 1 Anexo 3: Resumen del diseño experimental y las características finales del cultivo.

Botellón	Tratamiento	ABS _{final} (óptica)	Densidad final (gr/L)	Volumen (litros)	Medio Zarrouk *	Fecha
1	Con gas de fermentación	0.992	1.462	20	20%	30-09-213
2	Con gas de fermentación	1.19	1.378	20	20%	30-09-213
3	Con gas de fermentación	0.884	1.282	20	20%	30-09-213
C1	Burbujeo Aire	0.58	1.014	20	20%	30-09-213
C2	Burbujeo Aire	0.47	0.914	20	20%	30-09-213

Conclusiones:

Los cultivos enriquecidos con CO₂ proveniente del gas de fermentación (Viña Miguel Torres) crecieron significativamente más (20-30%), que los cultivos "control" sin inyección de CO₂

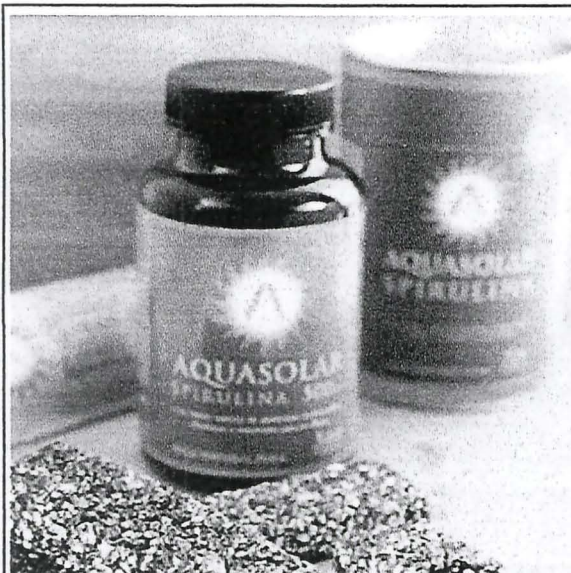
La solución pH a base de Carbonato de Sodio, fue la responsable directa de la muerte de los FBRs en la experiencia anterior.

Los cultivos con Medio Zarrouk original (solución pH a base de Bicarbonato de Sodio) no reaccionaron con el gas de fermentación.

Dado los resultados anteriores, se estima que se pueden iniciar los cultivos en los FBR con gas de fermentación, utilizando el medio de cultivo apropiado.

ANEXO 4. Fotos Aquasolar difusión Feria Mujer 2011





Stand 187: Aquasolar

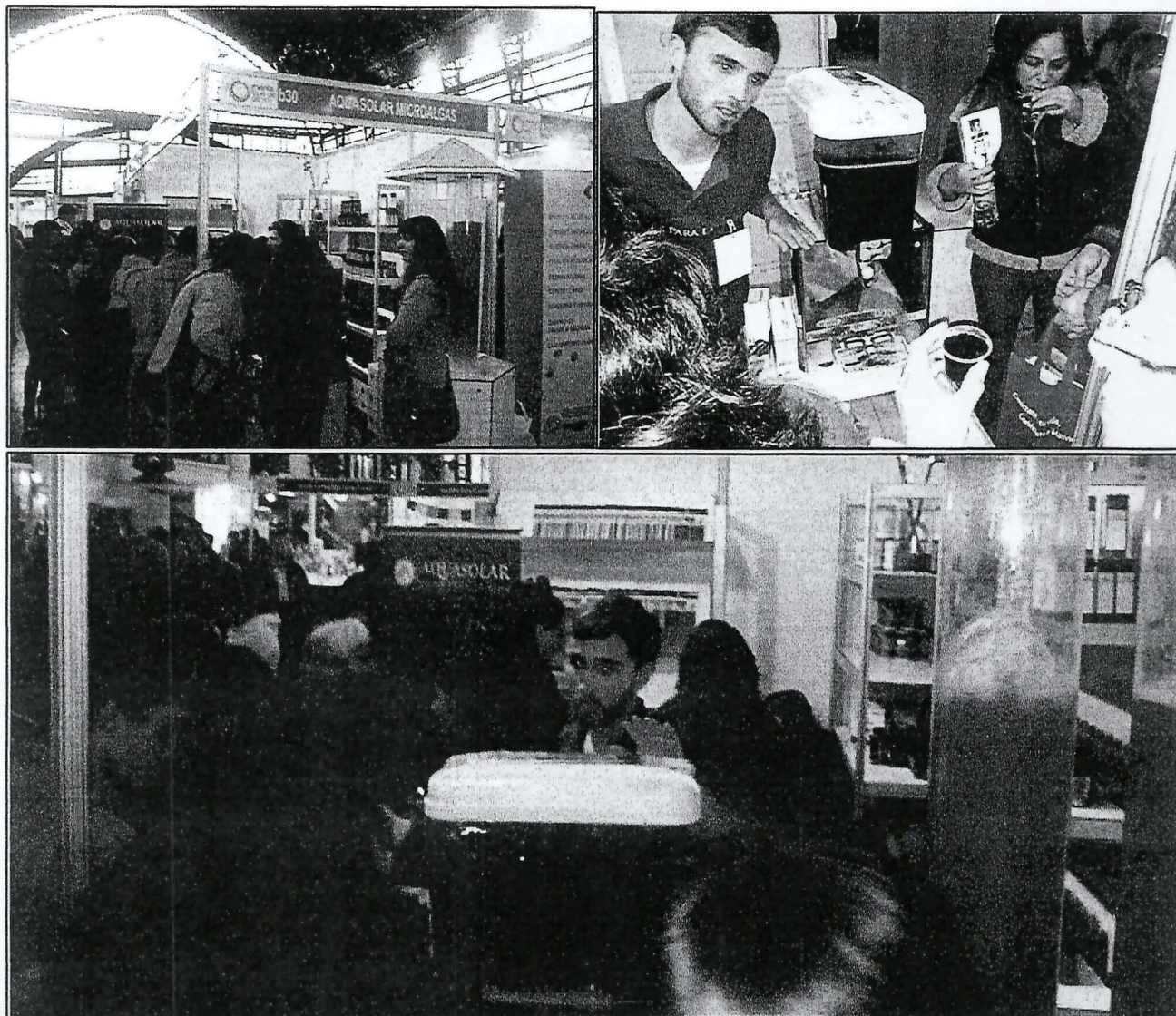
El poder de las algas

La **spirulina** es un alga microscópica considerada un superalimento por sus propiedades nutricionales. Esta alga tiene la capacidad de estimular el sistema inmune, actuar como un potente prebiótico y aumentar la energía del cuerpo, además de ayudar a disminuir el apetito y la ansiedad. Este es uno de los productos estrella de Aquasolar, que lo comercializa en tabletas, polvo y barras de cereal enriquecidas con spirulina. Además tienen **chlorella**, una microalga rica en clorofila, que ayuda a regular el tránsito intestinal y entrega una potente mezcla de antioxidantes para mantener el cuerpo joven. Entre sus propiedades está combatir las alergias y eliminar toxinas del cuerpo. En Feria Mujer Aquasolar ofrecerá interesantes descuentos y degustaciones de sus productos, además de un innovador batido energético con spirulina.

www.aquasolar.cl

Fuente: http://mujer.latercera.com/2011/10/09/01/contenido/45_2822_9.shtml

ANEXO 5. Fotos del evento MCA 2013



ANEXO 6. Poster de difusión el proyecto.






Producción de Spirulina (Arthrospira platensis) para alimentación animal con captura de CO₂ proveniente de Viña Miguel Torres.

PYT-2011-0055

Resumen:
El proyecto consiste en validar un modelo de producción de microalgas, particularmente Spirulina (Arthrospira platensis) con fines alimenticios utilizando el CO₂ proveniente de la fermentación del vino como insumo productivo para incrementar la productividad del cultivo y abatir las emisiones carbono a la atmósfera. Este modelo servirá como método para reducir la huella de carbono de las viñas y para asegurar un insumo clave en el cultivo de las microalgas, particularmente de Spirulina, que es un alimento funcional y tiene un mercado establecido.

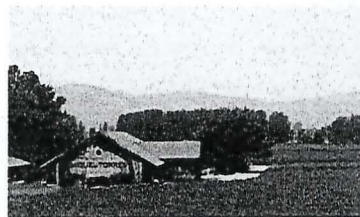


Figura 1. Viña Miguel Torres

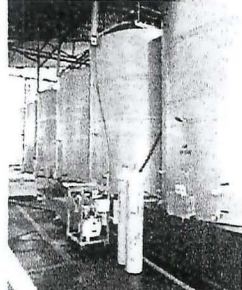


Figura 2. Captura de CO₂ de las cubas de fermentación

Oportunidad:
Las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzaron en Chile las 60 millones de toneladas de CO₂ el 2006, cifra que crece año a año. Los mercados internacionales tienen estándares cada vez mayores en cuanto a la huella de carbono de los productos que pueden entrar, especialmente a Europa. En este contexto, es muy interesante desarrollar una metodología que permita capturar el CO₂ emitido en los procesos agrícolas, particularmente en la fermentación del vino, industria altamente influenciada por el índice de huella de carbono. Por otro lado, la creciente industria de microalgas busca nuevas fuentes de CO₂ que sean alternativas a las generadoras eléctricas, cuya combustión entrega un gas con un 14% de CO₂ pero altamente contaminado con metales pesados, NO_x y otros compuestos nocivos. En contraste, el gas de fermentación es de fuente orgánica, por lo que no tiene metales pesados ni NO_x, presentando una buena alternativa para el abastecimiento de CO₂ a bajo costo.

Resultados:

- El gas de fermentación tiene en promedio un 35% de CO₂ y no tiene presencia significativa de NO_x
- Es factible capturar el gas con un bajo consumo energético. Durante la fase prototipo, se registró un consumo de 100w/Kg de gas almacenado.
- Es factible purificar el gas para eliminar contenido alcohólico y particulado. Se realizaron mediciones de contenido alcohólico, arrojando una concentración de 5000ppm de butanol y propanol, las cuales fueron filtradas, obteniéndose una concentración inferior a los 20ppm.



Figuras 3 (arriba) y 4 (abajo). Medición de CO₂ del gas de fermentación realizada en terreno y análisis de gas encargado a Indura

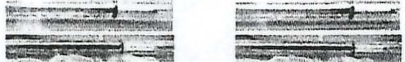


Figura 7 y 8: Medición inicial y final de Propanol y Butanol utilizando tubos colorimétricos.



Figura 5 y 6. Aparato de captura de CO₂ y bombonas de almacenamiento

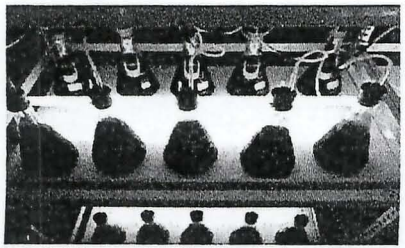


Figura 10. Cultivos experimentales de Spirulina alimentados con gas de fermentación.

4. Spirulina (Arthrospira platensis) muestra crecimiento acelerado al ser alimentada con gas de fermentación

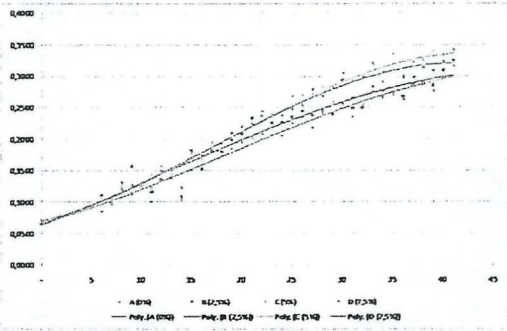
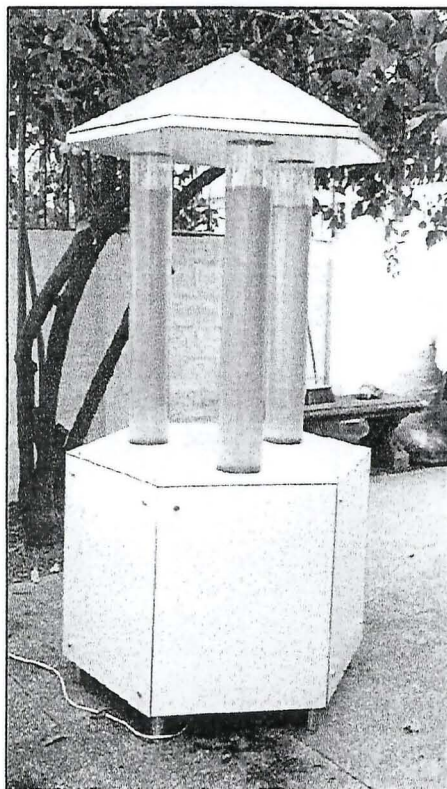


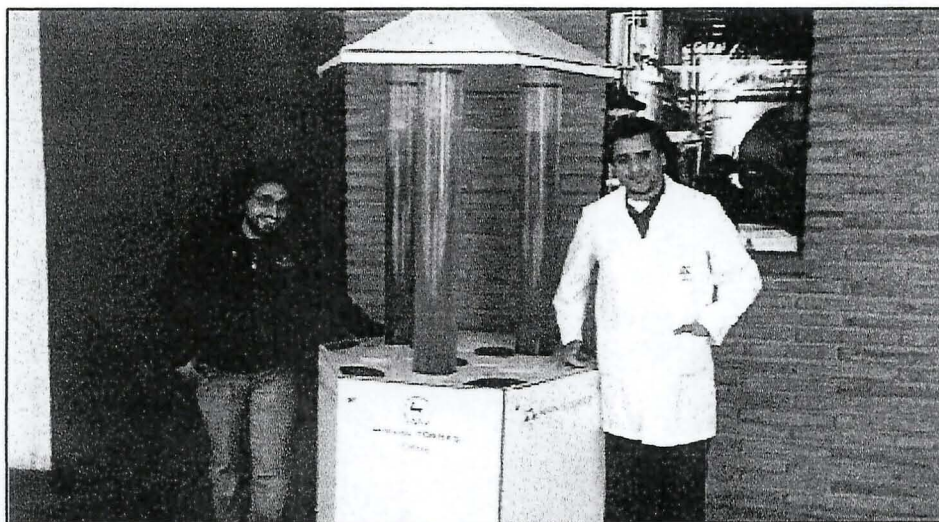
Figura 9. Gráfico de las curvas de crecimiento de los cultivos de spirulina alimentados con gas de fermentación en distintas concentraciones. Se midió el % de CO₂ presente en el aire entregado a cada grupo, siendo el A grupo control (0% de adición), B calibrado al 2,5% de CO₂, C calibrado al 5% de CO₂ y D al 7,5% de CO₂.

ANEXO 7. Primera versión de Fotobiorreactor Demostrativo (FBRD v1 D100cm)

-Termino de construcción y pruebas con inóculo de Botriococcus Braunii.



-Instalado en Viña Miguel Torres.



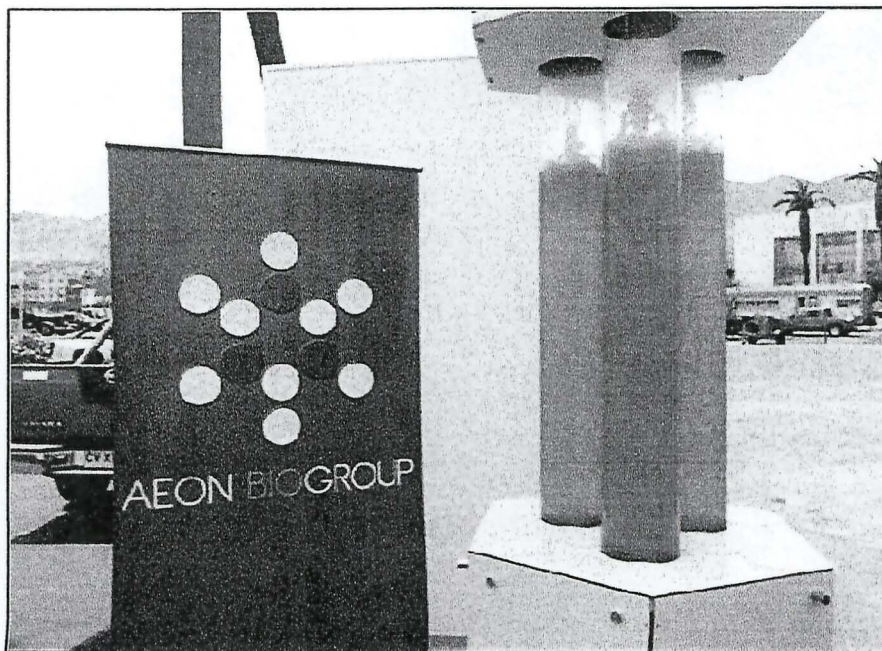
A la derecha, Cristian Carrasco encargado en Viña Miguel. A la izquierda, Gabriel Castro encargado ficológico Aeon Biogroup.

ANEXO 8. Segunda versión de Fotobiorreactor Demostrativo (FBRD v2 D70cm)

-Módulo de difusión en Núcleo Biotecnológico Curauma, Valparaíso.



-Módulo de difusión en EXPOBIOTECH, Antofagasta.



-Encabezado del Reportaje.

Spirulina y chlorella, algas ancestrales

El “súper alimento” de nuestro presente

Esta es una historia de vida. La manifestación de un proyecto vanguardista para trabajar con las microalgas desde una tecnología que se inspira en la Flor de la Vida como arquitectura y energía sustentables. Nos referimos a la spirulina y la chlorella como fuentes de alimento. Conversamos con Alfonso Navarro, ingeniero en acuicultura, visionario y gestor de AquaSolar, empresa que hoy, junto con Aeon, se dedica al cultivo y pronto a la comercialización de estas dos algas mencionadas.

-Fotografía en reportaje de instalaciones

