Proyecto final de Ingenieria Industrial

Factibilidad técnica y económica de la producción de spirulina

Autores:
Franco Argento
Catalina Sempere
Francis van Lierde

Tutor:
Marcelo Lezama

Año 2016

Resumen Ejecutivo

En el siguiente trabajo se investigó la factibilidad técnica y económica de la producción del suplemento nutricional spirulina, producido a base del micro alga de spirulina platensis. La falta de conocimiento de este producto en nuestro país, sumado a la tendencia mundial del auge del consumo de suplementos nutricionales llamaron la atención de los autores y plantearon la duda acerca del posible éxito de producir y comercializar el mismo en nuestro país.

El trabajo comienza con una descripción de la spirulina y su historia como suplemento nutricional, donde se detallan sus usos medicinales y sus beneficios para la salud. Luego se investigó el mercado potencial que este producto podría tener en la Argentina, para lo cual se trabajó con datos provistos por fabricantes locales y datos de otros mercados. A partir de ello, se proyectó una tendencia del crecimiento de la spirulina en el mercado argentino hasta el año 2027. De este análisis surgió que el mercado potencial de consumidores en el año 2017 será del 1,28% de la población, que se traduce en un total ligeramente superior a las 100 toneladas anuales creciendo hasta más de 130 toneladas anuales para el año 2027. Actualmente, compiten en este mercado cuatro productores nacionales (HydroGrow, HydroFarming, SpiruFox y Vitatech) y un importador (Natural Life, EEUU), todos de similar volumen de ventas.

Se diseñó la planta de producción tomando como base los modelos ya existentes en Estados Unidos. Después de un análisis de posibles ubicaciones se decidió localizar la eventual planta en Pilar, Córdoba. Se desarrolló en detalle el proceso productivo, comparando tecnologías, maquinarias disponibles y regímenes de producción para optimizar el mismo, entre otras variables.

A partir de las inversiones necesarias, los costos operativos y ventas proyectadas se realizó un análisis de factibilidad económico - financiero a 10 años. El monto total de la inversión necesaria es de U$D 1.126.000. Para la misma, se asumió tomar un préstamo del 20% y el resto financiarlo con capitales propios. El período de recupero simple es de 5 años y el período de recupero descontado (a una tasa del 17,87%) es de 6 años. El valor actual neto del proyecto es de U$D 1.606.348 con una tasa interna de retorno del 32%. Tomando estos resultados como el escenario más probable, se realizó un análisis de otros escenarios posibles (ante eventuales variaciones de ventas) dando resultados negativos solamente en el escenario más pesimista, con una disminución del 30% del volumen de ventas inicialmente proyectadas.

Executive Summary

In the following work, a deep analysis has been carried out about the technical and economical feasibility of spirulina production in Argentina: a nutritional supplement based on the micro algae spirulina platensis. The lack of general information of this product, together with an increasing consumption at a world scale, has caught the authors' attention to study the business possibility in Argentina.

The work starts with a description about spirulina and its history as a nutritional supplement: it's medicinal uses and health benefits. Afterwards, it studies the potential market the product may have in Argentina taking into account foreign markets and information provided by local producers. As a result, an increasing consumption tendency was detected towards 2027 in the local market. From this analysis, it may be concluded that the potential consumers by the year 2017 may be around 1,28% of the local population which equals 100 tons consumed annually approximately and it will increase up to more than 130 tonnes annualy by 2027. Nowadays, in the argentinean market there are four national firms (Hydro Grow, HydroFarming, SpiruFox y Vitatech) and one importer (Natural Life, EEUU). All of them with similar sales volume.

Later, a layout of the production plant was designed taking into consideration already existing cases in the United States. After an analysis on possible locations, it was decided the best option was to locate the facilities at Pilar, Province of Córdoba. Then, the work presents a detailed process of production concluding with the most suitable arrange of work, evaluating technologies, existing machinery and production regimes in order to maximize productivity.

From investment calculations, operative costs and projected sales, an economical-financial feasibility analysis was done over a 10-year horizon. The total investment is U$D 1.126.000. In order to achieve it, the best option is a 20% loan and the rest comes from own capital. The recovery period is of 5 years and the discounted recovery period (taking into consideration a discount rate17,87%) is of 6 years. The net present value of the project is of U$D 1.606.348 with an internal rate of return of 32%. Taking these results as the most favorable case, different scenarios were studied varying sales and the only negative result is in the worst case scenario, with a 30% decrease in the volume of estimated sales.

Contenido

1. La spirulina 1

1.1 ¿Qué es la spirulina? 1

1.2 Historia 1

1.3 Propiedades y beneficios 2

1.4 Estudios 5

1.5 La spirulina y la FAO 6

2. Análisis de Mercado 7

2.1 Introducción 7

2.2 Mercado Global 7

2.2.1 Suplementos Dietarios 7

2.2.2 Spirulina 14

2.3 Mercado argentino 16

2.3.1 Suplementos Dietarios 16

2.3.2 Spirulina 17

2.3.3 Dimensionamiento del mercado 19

2.3.4 Canales de venta 22

2.3.5 Precios 23

2.4 Posicionamiento 24

2.4.1 Market share objetivo 24

2.4.2 Estrategias de diferenciación 25

2.5 Regulaciones 26

3. Estudio de Ingeniería 30

3.1 Capacidad Objetivo 30

3.2 Localización 31

3.3 Proceso Productivo 36

3.3.1 Piletones - Cultivo 37

3.3.2 Pre-Filtración 44

3.3.3 Filtración 45

3.3.4 Lavado 47

3.3.5 Secado 48

3.3.6 Encapsulado 50

3.3.7 Dosificado 51

3.3.8 Resumen de dimensionamiento 53

3.4 Lay Out 54

3.5 Resumen Tecnología 56

3.6 Mano de obra 57

3.7 Estrategia de mantenimiento 58

3.8 Detalle de suministro de dióxido de carbono 58

4. Estudio Económico - Financiero 60

4.1 Inversiones 60

4.2 Gastos Operativos 61

4.2.1 Cálculo Nutrientes 64

4.3 Préstamo 65

4.4 Contribución unitaria 66

4.5 Cuadro de Resultados 66

4.6 Flujo de Fondos 68

5. Comentarios Finales 70

6. Bibliografía 71

7. Anexo 75

1.La spirulina

1.1 ¿Qué es la spirulina?

Las cianobacterias, antiguamente llamadas algas verde-azuladas, son organismos prokaryotas, es decir, que carecen de núcleo celular. Llevan su información genética, su ADN, en forma libre en el citoplasma y no dentro del núcleo celular. A su vez, en un plano más general, las prokaryotas pertenecen al dominio de las bacterias según las clasificaciones actuales de la biología. Son de los organismos más antiguos, simples y robustos que existen.

Lo particular de las cianobacterias es que son bacterias capaces de hacer la fotosíntesis oxigénica, es decir, tomando los electrones necesarios del agua que actúa como agente reductor y no de otros donantes como sulfuro o hidrógeno, como sucede en otro tipo de bacterias. Gracias al agua y al dióxido de carbono, produce azúcares y exceso de oxígeno que es liberado. Es por ello que son de los organismos más antiguos conocidos y originarios formadores de la biósfera terrestre.

PROKARYOTA $\in$ BACTERIA $\in$ CYANOBACTERIA $\in$ ARTHROSPIRA PLATENSIS

La spirulina forma parte de esta clasificación de las cianobacterias. Su nombre proviene de la forma de sus filamentos en espiral, los cuales miden entre 100 y 200 milimicrones. También llamada *Arthrospira Platensis*, es una especie de color verde azulada que crece naturalmente cuando se dan ciertas condiciones particulares en su entorno como pH y temperatura del agua. La reproducción de la spirulina se efectúa mediante bipartición, o también llamada fisión binaria. Esto significa que cada célula hija tiene el mismo material genético que la célula padre. Cuenta con algunos beneficios nutritivos importantes y puede ser consumida tanto por humanos como animales.

1.2 Historia[1]

La spirulina es un organismo que se cree que tiene más de 3,6 billones de años de antigüedad. Los primeros registros datan del siglo XVI por parte de los colonizadores de Hernán Cortés y cuentan que la spirulina era cosechada del lago Texcoco por los

[1]http://www.agroindustria.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_Publicaciones/_archivos/080515_Acuicultura%20de%20organismos%20vegetales.pdf

pueblos originarios, luego secada al sol y posteriormente la utilizaban para confeccionar alimentos más elaborados como tortas y tortillas.

Aún anterior, se cree que durante el Imprerio Kanem (700-1376), tribus que habitaban el Lago Chad también utilizaban la spirulina que crecía de forma natural para elaborar alimentos y también para comercializarla. Actualmente, en esta región se sigue consumiendo del mismo modo que antaño. Es recolectada en época de lluvia, se deja secar y luego es incluido en guisos y demás.

A pesar de su antigüedad, no tiene relevancia comercial hasta la década del 70 con una primera planta llamada Sosa Texcoco fundada en 1969 a orillas del lago Texcoco, al noreste de la ciudad de Méjico. Posteriormente, la planta cierra debido a la quiebra de su compañía Spiral Springa en 1991. A partir de este primer hito de producción, la spirulina cobra cierta relevancia en Estados Unidos y Japón. Sin embargo, capta el interés a nivel mundial hasta el 2005 aproximadamente.

Imagen 1.1: Planta Sosa Texcoco, México

1.3 Propiedades y beneficios[2]

La spirulina está compuesta en un 60% de su peso en seco por proteína vegetal de fácil digestión. Además contiene beta-caroteno, vitamina B-12, hierro, calcio, potasio, magnesio y demás minerales importantes así también como ácidos grasos esenciales. Detalles sobre el contenido de nutrientes en 10 gramos de spirulina pueden verse en el cuadro a continuación[3].

[2] http://www.spirulina-benefits-health.com/spirulina_proteins.html

[3] https://axanthin.wordpress.com/spirulina-composicion/

PROPIEDADES FÍSICAS	**COMPOSICIÓN GRAL** (en 10g. de spirulina)
Composición: 100% micro-alga spirulina	Proteínas 55-70%
Apariencia: polvo fino y uniforme	Carbohidratos 15-25%
Color: Azul verde oscuro	Lípidos 4-7%
Olor: medio - fuerte	Minerales 7-13%
Sabor: muy suave	Humedad 3-7%
Densidad aparente: 0,35 - 0,55 kg/litro	Fibras 4-7%
VITAMINAS (Cantidades x 10 g)	**AMINO-ÁCIDOS (Cantidades x 10 g)**
Beta-caroteno 14 mg	Alanina 470 mg
(Pro vitamina A) 23000 UI	Arginina 430 mg
Vitamina E (alfa-tocoferol) 1,00 mg	Ácido Aspártico 610 mg
Vitamina B1 (tiamina) 0,35 mg	Cisteína 60 mg
Vitamina B2 (riboflavina) 0,40 mg	Ácido Glutámico 910 mg
Vitamina B3 (niacina) 1,40 mg	Glicina 320 mg
Vitamina B6 (piridoxina? 80 mcg	Histidina 100 mg
Vitamina B12 320 mcg	Isoleucina 350 mg
Inositol 6,40 mg	Leucina 540 mg
Folacina (Ácido fólico) 1 mg	Lisina 290 mg
Biotina 0,50 mcg	Metionina 140 mg
Ácido Pantoténico 10 mcg	Fenilalanina 280 mg
	Prolina 270 mg
MINERALES 100 mg	Serina 320 mg
Calcio 80 mg	Treonina 320 mg
Fósforo 40 mg	Triptófano 90 mg
Magnesio 15 mg	Tirosina 300 mg
Hierro 90 mg	Valina 400 mg
Sodio 140 mg	**Total Aminoácidos** 6,20 g
Potasio 300 mcg	
Zinc 120 mcg	**ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES**
Cobre 500 mcg	Linoleico 80 mg
Manganeso 60 mcg	Gamma-lineolénico 100 mg
Germanio 10 mcg	
Selenio	**PIGMENTOS**
	Ficocianina (azul) 1500 mg
ACTIVIDAD ENZIMATICA	Clorofila (verde) 110 mg
Superóxido dismutasa: 15000 unidades	Carotenoides (naranja) 37 mg

Figura 1.1: Nutrientes presentes en 10 gramos de spirulina. Fuente: Spirulina Bionutrec

Las proteínas son particularmente importantes para el cuerpo humano. Básicamente, su función es crear y reparar las células de nuestro cuerpo. De los 22 aminoácidos requeridos, solamente 13 pueden ser generados por nuestro cuerpo. Los 9 restantes son llamados “esenciales” y deben estar presentes en la dieta. No solo posee un alto contenido de proteínas, sino que también son de fácil absorción debido a las paredes celulares porosas hechas de azúcares complejos.

El beta-caroteno, también llamado simplemente caroteno, incrementa la respuesta del sistema inmune en los animales y también es transformado en vitamina A en el intestino delgado, la cual ayuda a la salud ocular. Funciona como antioxidante liposoluble, reduciendo las posibilidades de ataques cardíacos.

Los lípidos que contiene la spirulina componen entre un 4-7% del peso seco y la mitad de ellos son ácidos grasos esenciales. Ayudan a prevenir el efecto de los antioxidantes

en ciertas vitaminas para que puedan ser asimiladas con efectividad. El principal de ellos es el gamma-linoleico (GLA), un ácido graso insaturado que se encuentra en la leche materna y ayuda a reducir los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre, mejorando la salud cardiovascular.

Imagen 1.2: Spirulina en polvo

La spirulina contiene cerca de un 16% de carbohidratos. De este porcentaje, un 9% es ramnosa, una azúcar rara, más biológicamente activa. A diferencia de la sacarosa, no altera el balance de azúcares del cuerpo ni sobre exige al páncreas. Los carbohidratos, al igual que las proteínas, para ser utilizados, deben someterse a un complejo proceso de descomposición hasta convertirse en azúcares complejos. Uno de éstos es el glucógeno. A diferencia de cualquier otro vegetal, la spirulina contiene glucógeno disponible que se puede asimilar de manera fácil y directa.

El hierro permite la formacion de la hemoglobina y el transporte de oxígeno en sangre. Minerales como el hierro no son fácilmente absorbidos por nuestro organismo. Sin embargo, el hierro de la spirulina es 60% mejor absorbido que el sulfato de hierro común presente en muchos otros alimentos, por lo que es una buena fuente para combatir la anemia.

La vitamina B-12 es muy importante para la salud de los tejidos en general, el sistema nervioso en particular, en la generación de sangre y el metabolismo de proteínas. Ni hongos, ni plantas ni animales pueden producir esta vitamina por si solos ya que no tienen las enzimas apropiadas.

Se han llevado a cabo una variedad de estudios para probar la calidad nutricional del alimento y hasta el presente no se han detectado sobre-dosis de ningún tipo ni efectos secundarios. A pesar de que la dosis normal diario yace entre 1 y 8 gramos

dependiendo de la calidad del producto, científicos sostienen que hasta 50 gramos no hay peligro[4]. Es por ello que la spirulina es utilizada en los países sub-desarrollados como fuente de alimentación pero al mismo tiempo existe un importante y creciente mercado de suplementos dietarios en los países desarrollados ya que se recomienda su consumo a personas que sufren de ansiedad, estrés, depresión, desórdenes emocionales o con ADD (*Attention Deficit Disorder*).

1.4 Estudios[5]

Los antioxidantes ayudan a combatir las células que causan enfermedades crónicas. Para investigar la capacidad de la spirulina en este sentido, se llevó a cabo un estudio[6] de 1995 en un lugar de India llamado Kerala, donde la gente mastica tabaco en diferentes situaciones sociales. Este tabaco incrementa el riesgo de cáncer oral. Para el estudio se tomó un grupo de personas consumidoras y se les administró spirulina a lo largo de un año. De la muestra, 45% de los consumidores de tabaco vieron regresiones en sus lesiones. Por otra parte, solamente un 7% de la gente que tomó el placebo notó mejoras.

La capacidad de los antioxidantes también se manifiesta en la recuperación de los atletas ante la fatiga. Un estudio de 2010[7] muestra que un grupo de adultos en buenas condiciones físicas mejoraron en la evolución de su fatiga posterior a actividad física intensa después de cuatro semanas de una ingesta diaria de 6 gramos de spirulina.

Con intención de ver las alteraciones en los valores de nutrientes en sangre, otro estudio[8] tomó una muestra de gente de 60 a 87 años de edad y les administró 8 gramos de spirulina diaria por 16 semanas. Los resultados mostraron que hubo efectos favorables en los niveles de lípidos y antioxidante de las personas.

Se llevó a cabo otro estudio[9] que tuvo la intención de estudiar la efectividad de la spirulina en pacientes que fueron diagnosticados con colesterol alto. Se les suministró 1 gramo de spirulina por dia por 12 semanas consecutivas y se les hicieron exámenes al principio y al final de la evaluación. Los resultados señalan que el nivel de triglicéridos y colesterol total son significativamente menores.

---

[4] Ishimi Y et al, Effects of spirulina, a blue-green alga, on bone metabolism in ovariectomized rats and hindlimb-unloaded mice. Biosci Biotechnol Biochem. 2006 Feb;70(2):363-8.
[5] http://www.livescience.com/48853-spirulina-supplement-facts.html
[6] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8584455
[7] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20010119
[8] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18714150
[9] http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6261/abstract

1.5 La spirulina y la FAO

En un informe[10] emitido por la FAO (*Food and Agriculture Organization*-dependiente de las Naciones Unidas) acerca de cómo las comunidades del sudeste africano pueden mejorar sus condiciones de vida mediante la diversificación de sus negocios, se hace fuerte énfasis en la spirulina y en sus beneficios nutricionales. La llama "El súper alimento".

En los últimos años, la FAO ha hecho grandes esfuerzos poniendo a la spirulina como promotor de bienestar económico en comunidades en el sur de África con dificultades. Una de las razones es que, produciendo el alga como alimento, se pueden preservar especies de pescados que de otra forma se extinguirían por la pesca comercial. Es una fuente de alimentos excelente que ayuda a combatir la desnutrición infantil y los enfermos. Es fuente económica para familias con bajos recursos por la versatilidad en la producción ya que permite muy bajos costos de inversión inicial. También, se menciona la posibilidad de ingresos por el lado materno en la familia, ya que las instalaciones pueden ser ubicadas cerca de las residencias donde habita la familia, mientras los hombres pueden dedicarse a otras actividades que generen otros ingresos. Todo esto, sumado al hecho de ser un producto con un proceso de fabricación amigable con el medio ambiente.

Imagen 1.3: Comunidad de África cultiva spirulina. Fuente: FAO

[10] Habib, MAB.; "et al". 2008.

2. Análisis de Mercado

2.1 Introducción

La demanda de productos alimenticios cultivados de manera natural está aumentando en todo el mundo, creando nuevas oportunidades en el mercado para acuicultores, agricultores y empresas de países en desarrollo y desarrollados. Las personas tienen mayor tendencia al consumo de suplementos alimenticios, vitaminas o minerales adicionales en su dieta diaria, con el fin de contrarrestar el estrés y enfermedades crónicas por fatiga, y para mantener el equilibrio y la salud tanto física como mental.

Dentro del mercado de suplementos dietarios y nutritivos se encuentra la spirulina. Actualmente ésta se comercializa al público principalmente de dos formas: en polvo y en cápsulas. También existen negocios B2B en los cuales las micro algas son utilizadas como ingredientes y aditivos en la elaboración de distintos productos, ya sea por sus aportes dietarios o como colorante.

2.2 Mercado Global

2.2.1 Suplementos Dietarios

Es imposible hablar del mercado de la spirulina sin antes tener una comprensión del mercado más grande en el cual está inmerso, el de las vitaminas, minerales y suplementos dietarios, denominado VMSD. Como se verá a continuación este es un mercado sumamente globalizado, fragmentado y en franco crecimiento. Entender las características principales de este mercado dará información útil para poder comprender el sub – mercado de la spirulina y extrapolar tendencias al mismo para adelantarse a posibles riesgos y copiar casos de éxito.

A medida que la población en Estados Unidos, Europa y Japón envejece, más personas buscan medios para prolongar el bienestar físico. La salud no es actualmente solamente un objetivo, sino que se convirtió en un estilo de vida y en un mercado creciente. En la última década, las ventas de vitaminas, minerales y suplementos herbales y nutricionales han crecido considerablemente y nuevos jugadores han entrado en escena. Globalmente el mercado factura anualmente aproximadamente U$S 82 billones, con aproximadamente un 28% localizándose en los Estados Unidos, donde las ventas crecieron U$S 6 billones entre 2007 y 2012.

El crecimiento en este mercado se espera que se mantenga por lo menos hasta 2017, con tasas de entre 5% y el 6% anual globalmente. El siguiente gráfico muestra la tendencia de crecimiento de este mercado:

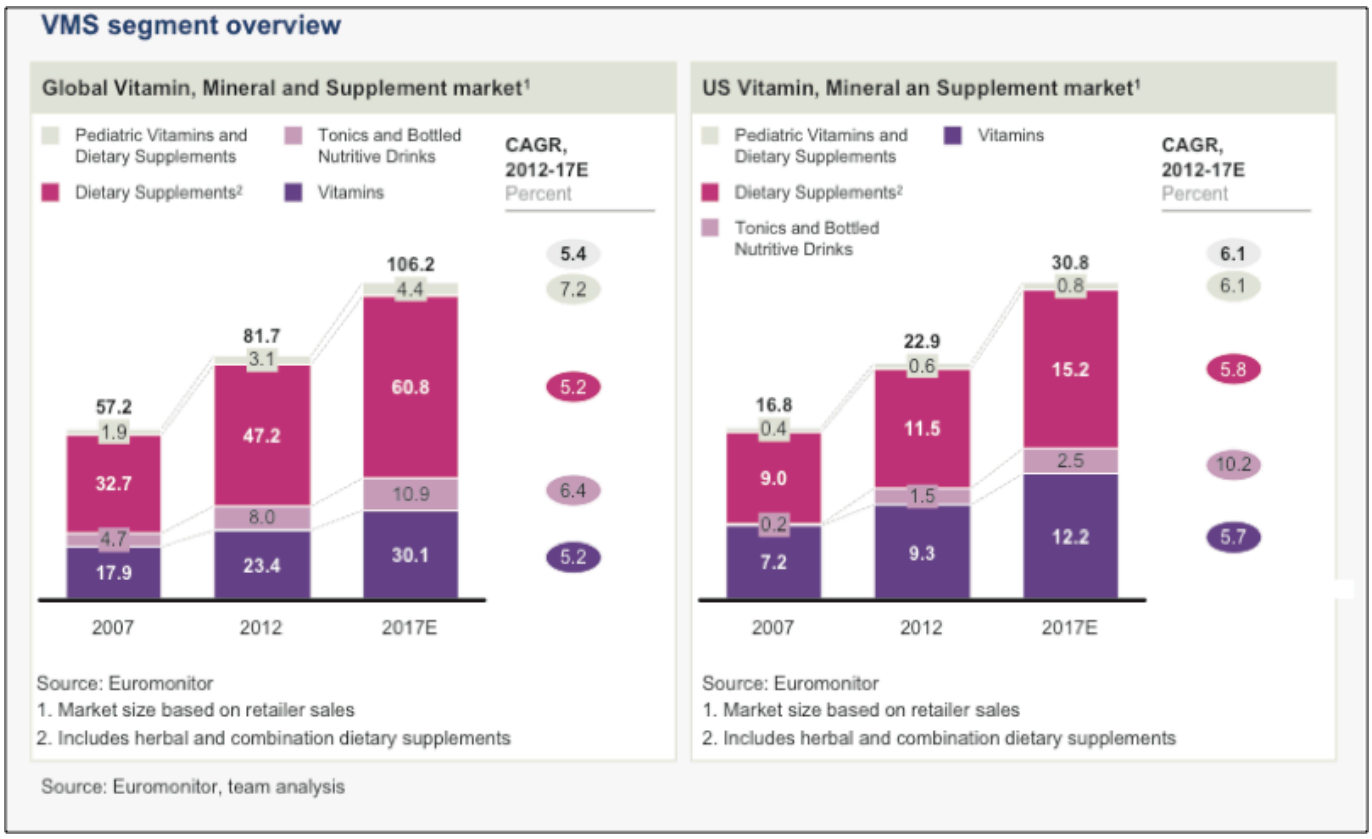


Figura 2.1:Mercado VMSD. Fuente: Euromonitor

Se puede realizar un análisis más en detalle si se analiza el mercado de los suplementos dietarios por separado. Este mercado factura aproximadamente U$S 50 billones anuales. Estados Unidos encabeza la lista de los mercados más importantes, lo siguen China, Japón, Corea del Sur, Italia, Rusia Australia, Alemania, Taiwán y Canadá en las primeras diez posiciones. A continuación, puede verse un gráfico que resume la distribución mundial de este mercado:

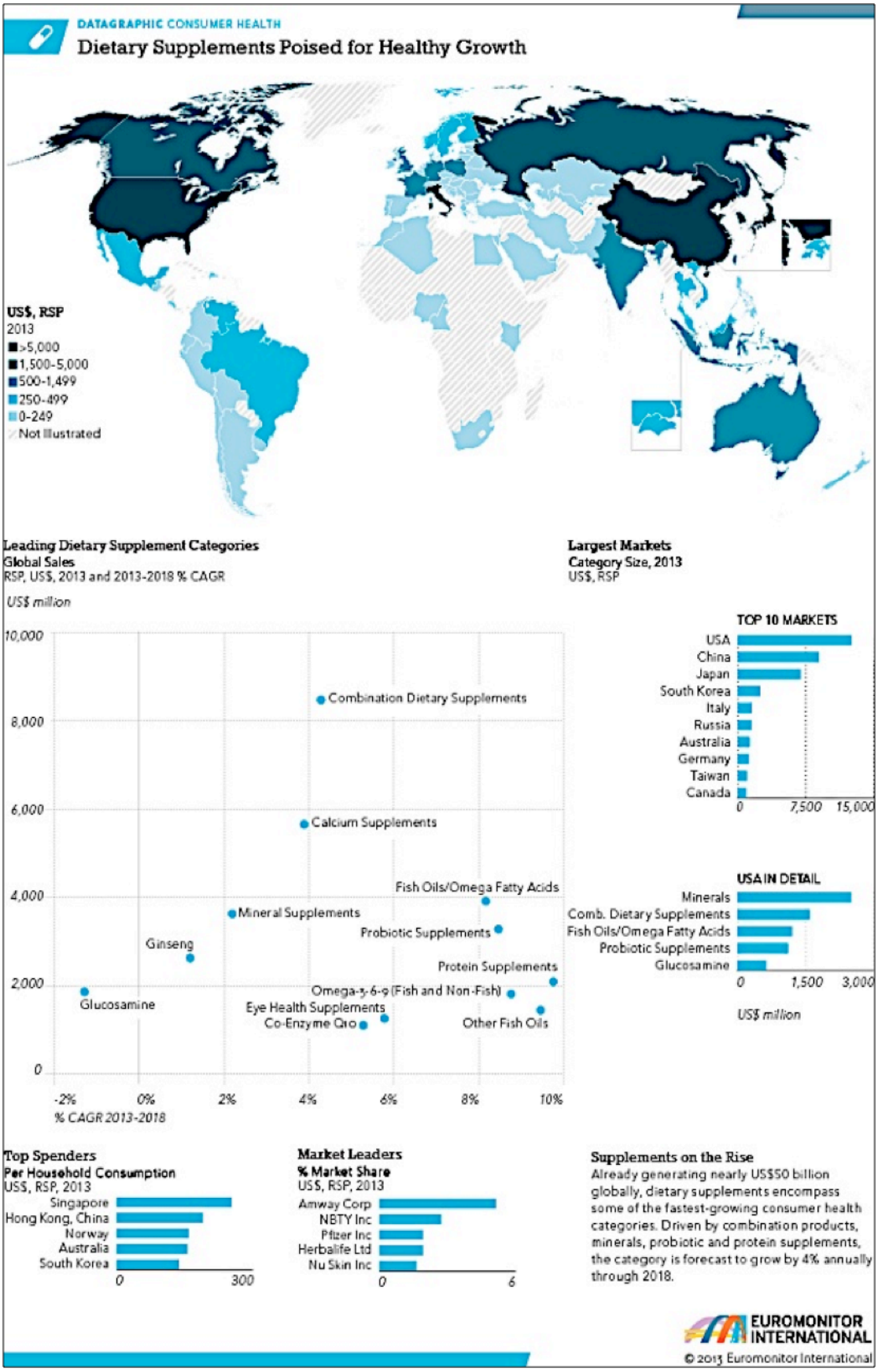


Figura 2.2: Distribución mundial del mercado de suplementos dietarios. Fuente: Euromonitor

Actualmente el mercado crece a una tasa del 4% y se espera que ese ritmo se mantenga hasta por lo menos el 2018. Especialmente, vale destacar la posición de los suplementos proteicos dentro de este mercado. Se observa que a pesar de haber facturado cerca de U$D 2 billones globalmente en 2013, presenta un crecimiento cercano al 10% anual, mayor que cualquiera de las demás sub categorías del mercado.

Continuando con suplementos dietarios, la compañía Amway tiene el liderazgo del *market share* global con amplio margen, seguida de NBTY y Pfizer en tercer lugar. Herbalife y Nu Skin completan los primeros cinco puestos. Todas estas empresas están basadas en Estados Unidos.

Los niveles de consumo en Estados Unidos y Asia se registraron en el orden del 54% y el 43% respectivamente en 2013. Los países con mayor porcentaje de consumo son las Filipinas y Tailandia, con 66% de los habitantes consumiendo suplementos de manera habitual. Según una encuesta las razones principales de uso de estos suplementos en Estados Unidos son para "mejorar la salud", "mantener la salud" y en tercer lugar para "fortalecer el sistema inmunológico".

Los principales factores que están impulsando el crecimiento de los suplementos dietarios son:

1.El envejecimiento de la población. La generación de los *baby boomers* (post guerra) está envejeciendo. Debido a la enorme cantidad de gente que pertenece a esta generación se espera un aumento considerable en el gasto relacionado a salud y bienestar. En Estados Unidos ya hay evidencia de este fenómeno teniendo en cuenta que la mayor parte del crecimiento del mercado se debe a suplementos para mejorar la visión, para los huesos y articulaciones. Desde el 2012 los consumidores con 65 años o más representan el 36% del mercado de vitaminas minerales y suplementos dietarios (VMSD).

2.Mayor conciencia de la medicina preventiva. Esto se evidencia claramente en puestos de revistas, canales de televisión y artículos de prensa que revelan que hay un apetito casi insaciable de información relativa a la salud preventiva. Médicos famosos, foros en línea y revistas dedicadas, dispensan regularmente tantos consejos de dieta y estilo de vida y ofrecen detalles acerca de nuevos productos. Este aluvión de información ha sido un factor clave para la compra de los consumidores. Los fabricantes también han aumentado sus esfuerzos de marketing dirigidos directamente a los consumidores. Dicha estrategia se centra en la innovación de nuevos productos, la eficacia mejorada y seguridad de los productos, y ha influido con éxito en una amplia gama de consumidores en múltiples puntos de contacto y dado mayor credibilidad al papel que los VMSD pueden desempeñar para contribuir a la salud preventiva.

3.Los consumidores confían cada vez más en los canales alternativos. Hoy en día, el 70 por ciento de los estadounidenses utilizan internet para obtener información sobre

la salud y para ayudar a tomar decisiones a lo largo de todo el recorrido (pre-diagnóstico, diagnóstico y tratamiento). La mayoría de las personas consultan internet antes y después de sus visitas a los médicos, tanto para informarse antes de sus conversaciones con sus médicos como para validar consejos médicos después de las consultas. Esta tendencia ha beneficiado a los fabricantes de VMSD porque muchas compras de suplementos son el resultado de los consumidores que toman su salud en sus propias manos, no el asesoramiento directo de un médico. Fabricantes VMSD han fomentado este comportamiento auto dirigido mediante la mejora de educación del cliente y el marketing, dirigiéndose a los consumidores tanto *online* como *offline*.

4.**Creación de nuevos canales.** Las ventas de suplementos están muy segmentadas y hay canales de venta para llegar a un conjunto diverso y amplio de clientes. En Estados Unidos, la mayor concentración de ventas en los mercados VMSD son en supermercados, con tiendas online y minoristas de especialidad. A medida que han crecido en popularidad. Los minoristas especializados han contribuido significativamente a la proliferación. Las ventas por Internet han experimentado un crecimiento significativo en los últimos cinco años (17% anual de 2007 a 2012), una tendencia que se espera continúe ya que los consumidores se familiaricen con la categoría y aprovechen la comodidad de comprar en línea para compras cotidianas.

5.Foco Multi-Beneficios. Históricamente, la comercialización VMSD se ha centrado en la promoción de un ingrediente específico que responde a una necesidad de salud de los consumidores -por ejemplo, Omega 3 para la salud del corazón o la luteína para los ojos. Este énfasis creó un mercado en el que los productos eran *commodities* y los consumidores tuvieron dificultades para diferenciar entre las marcas. Para combatir esto, los comerciantes han comenzado a adaptar sus mensajes de consumo para incluir un enfoque en una plataforma integral de beneficios, con la esperanza de fomentar el uso de una gama más amplia de productos. A través de los esfuerzos de marketing dirigidos, estas empresas han creado con éxito una necesidad. Fabricantes de VMSD también están utilizando la plataforma de beneficios como una forma de lograr un posicionamiento diferenciado, de alta calidad en el mercado, apelando, por ejemplo, a las mujeres embarazadas, la salud del corazón, hombres de más de 60, o de otros segmentos de consumidores específicos.

Se espera un crecimiento de la categoría fuerte en medio de tanto aumento de interés de los consumidores en materia de salud y los esfuerzos de los minoristas para posicionarse como destino de salud y bienestar. Los fabricantes tendrán que observar de cerca los cambios regulatorios y adaptarse en consecuencia para evitar la reacción de los consumidores o la interrupción del suministro debido a problemas de calidad del producto. Sin embargo, teniendo en cuenta que estos desafíos valen la pena el riesgo. La expansión del espacio VMSD a lo largo de la próxima década ofrece una

oportunidad única para los minoristas y fabricantes para sacar provecho de un robusto crecimiento.

Las principales tendencias a futuro en este mercado son:

1.Crecimiento de las marcas propias. Los grandes minoristas como Wal-Mart y Costco están impulsando la tendencia de mejorar sus propias ofertas a través de su propia marca, la mejora de los envases, y la educación de los consumidores en las tiendas. Muchos minoristas también están posicionando sus marcas como "marcas de estilo de vida", en un intento para diferenciarse y fidelizar a los clientes. Teniendo en cuenta los márgenes atractivos y la lealtad del consumidor que las marca privadas de VMSD pueden lograr, es probable que los minoristas continúen invirtiendo en estos productos.

2.Ventas en línea. A pesar de que VMSD sigue siendo una categoría relativamente difícil para los consumidores para comprar en línea sin el conocimiento previo del producto, este canal de ventas ha experimentado un aumento significativo en los últimos cinco años. Esto ha dado un fuerte impulso al sector en los últimos años y se espera que sea clave para el desarrollo futuro. El principal impulsor de este han sido esfuerzos enfocados por parte de minoristas para mejorar la experiencia de compra en línea a través de una mejor educación del cliente y marketing dirigido. Esto ha aumentado la comodidad de los consumidores. Amazon, por ejemplo, lanzó recientemente un sitio dedicado a los productos apropiados para clientes de +50 años. Compitiendo con Amazon, hay una variedad de nuevas empresas. Muchos sitios ahora tienen opciones de chat en vivo para ayudar al instante frente a los tipos de preguntas específicas de consumo que antes eran una barrera para las compras en línea. Otro conductor clave de crecimiento de las ventas en línea es el creciente interés en la salud y el bienestar de productos orientales. A medida que la tendencia de la medicina alternativa sigue creciendo, es probable que la demanda de productos orientales se acelere, especialmente entre los consumidores más jóvenes. El acceso en línea fácil y conveniente de estos productos ayudará a las empresas a aprovechar esta oportunidad de crecimiento. Tanto los fabricantes como los minoristas están comenzando a ofrecer acceso gratuito a las "herramientas de bienestar" que crean una lista VMSD personalizado basado en las condiciones de un consumidor y necesidades específicas (por ejemplo, la guía interactiva en línea de GNC vitamina que diseña un plan complementario personalizado).

3. Se mantendrá la volatilidad de las modas de la salud. Las celebridades de los medios siempre han tenido un gran impacto en las ventas VMSD porque los consumidores confían en su consejo. Son responsables de la conducción de las modas del producto y no hay razón para esperar que su influencia se desvanezca en el futuro. Mientras que los ingresos globales del sector, se mantendrán estables, gracias a la

diversidad de productos en la categoría VMSD, los fabricantes individuales tendrán que anticipar los flujos y reflujos de los consumidores influenciados fácilmente

4**. Incremento de las fusiones y adquisiciones.** El alto nivel de fragmentación dentro de la categoría VMSD lo convierte en un candidato ideal para las fusiones y adquisiciones. La compra por parte de P&G de New Chapter, la compra de NBTY del Grupo Carlyle, la compra de Pfizer de Alacer dan evidencia de esta tendencia. Las compañías farmacéuticas y de bienes de consumo envasados (CPG) se han comprometido públicamente a expandir su división de salud de los consumidores, lo que sugiere que la tendencia de adquisición en el espacio continuará. Los jugadores no tradicionales también están comenzando a explorar la categoría como una posible fuente de crecimiento gradual. La expansión de los CPGs en el espacio VMSD probablemente mejorará la sofisticación de la categoría en general ya que estas empresas tienen más probabilidades de innovación que los jugadores tradicionales VMHS. Las grandes empresas CPG traerán experiencia en marketing y *consumer insights* profundos que alinearán con éxito productos con las tendencias y necesidades del consumidor. Esto acelerará aún más la conciencia de la categoría VMSD entre una amplia gama de consumidores.

5. Aumento de las regulaciones. El continuo crecimiento de la categoría VMSD se acoplará con una mayor supervisión y un endurecimiento de las regulaciones en torno a la fabricación y seguridad de los productos. En el año 2015, ha habido un aumento observado en las acciones de aplicación de las autoridades relacionados con violaciones de los alimentos y de etiquetado de suplementos dietéticos. Los fabricantes tendrán que ser más cuidadosos con el lenguaje que eligen para poner en las etiquetas. Regulaciones más estrictas también se aplicarán a los procesos y prácticas de fabricación con el fin de ayudar a garantizar calidad y seguridad. También, ha habido un mayor enfoque en los últimos años sobre posibles prohibiciones de la FDA de ciertas vitaminas y suplementos que pueden ser perjudiciales. Tales cambios en la regulación y la cooperación industria-gobierno en última instancia, generan una mayor confianza de los consumidores en la seguridad de los productos VMSD, beneficiando así el mercado global.

En conclusión, con vistas a futuro, se espera un fuerte crecimiento de la categoría a la par del aumento de interés de los consumidores en materia de salud y los esfuerzos de los minoristas para posicionarse. Los fabricantes tendrán que observar de cerca los cambios regulatorios y adaptarse. La expansión del espacio VMSD a lo largo de la próxima década ofrece una oportunidad única para los minoristas y fabricantes para sacar provecho de un robusto crecimiento.

2.2.2 Spirulina

Por el lado de spirulina, las plantaciones más grandes del mundo están situadas en Estados Unidos, Tailandia, China, Pakistán, India y Chile. Algunos de los productores más importantes son:

1.Parrys Nutraceuticals,India: Esta división de Parry EID Ltd nace con el propósito de buscar una solución para erradicar la desnutrición. Recién una década más tarde de los comienzos de la planta, se decide empezar a comercializar la producción. En la actualidad exportan a 38 países. El predio se encuentra ubicado en Oonaiyur, India. Tienen 53 hectáreas en un terreno infértil

El proceso consiste en piletones de poca profundidad (*raceway ponds*) agitados por paletas continuamente, sobre los cuales se efectúan pruebas de calidad diarias. Se hacen múltiples etapas de filtrado y un posterior lavado con agua dulce. Finalmente se utiliza un filtro vibrador y se pasa a la etapa de secado. Para esto, utilizan secado spray. La spirulina seca luego se comprime en píldoras en frío.

Imagen 2.1:Piletones de Parry Neutraceuticals

2. Cyanotech; EEUU: Cyanotech es una empresa estadounidense con un predio de 32 hectáreas ubicado en Hawaii y una producción anual de 350 toneladas por año. Esta planta no solamente utiliza agua dulce sino que suplementa con agua de océano.

Para el cultivo se utiliza agua oceánica que se toma a una profundidad de 600 mts. La empresa utiliza esta agua ya que trae muchos de los minerales que se necesitan para cultivar las algas, así como magnesio, calcio, etc. Luego del lavado de las micro algas, el agua que se recupera se vierte en las piletas, utilizando así un sistema cerrado con reciclado de nutrientes como también utiliza Earthrise. Para quitar todo posible sabor salado (por la utilización de agua oceánica) se lava tres veces con aspersores sobre una cinta metálica móvil. La spirulina en polvo posteriormente se almacena en tolvas y se comprime en frío para obtener cápsulas.

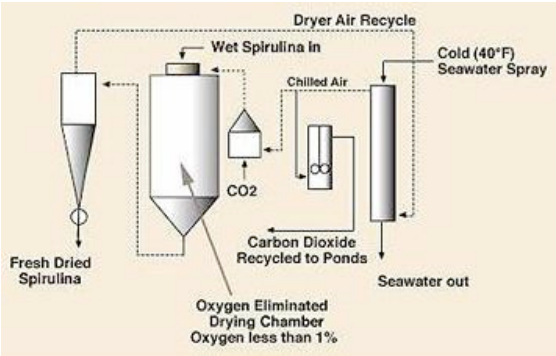


Imagen 2.2 y Figura 2.3:Piletones de Cyanotech y diagrama del proceso de secado. Fuente: www.cyanotech.com

3. Earthrise; USA: Empresa estadounidense ubicada en el desierto Sonoran, en el sudeste de California. Tiene un predio de 43 hectáreas y, según registros, producía 450 toneladas en 2002. Earthrise cuenta con 37 piletas de 500 m2, son alimentadas con agua del río Colorado y utilizan un sistema cerrado con reciclado de nutrientes.

De abril a octubre las extracciones de las piletas son diarias. En los tres meses de verano, dada la variación en intensidad solar, las extracciones llegan a ser una vez por hora. Earthrise ofrece spirulina en tabletas y son envasados en una atmósfera libre de oxígeno para que puedan ser preservadas hasta más de 4 años asegurando la calidad del producto.

4. Solarium Biotechnology SA; Chile: En el desierto de Atacama se encuentra la fábrica de Solarium Biotechnology SA. Esta planta tiene piletones hechos de cloruro de polivinilo, cubiertos con una película de polietileno traslúcido resistente a rayos UV de 0,15 mm de espesor.

La producción anual es de 3 toneladas por año en 2,4 hectáreas de piletones. La producción tiene tres usos distintos; una parte se comercializa en polvo, una parte en cápsulas, tanto para consumo nacional como para exportación, y una parte se destina a agentes humanitarios que buscan combatir la desnutrición en África y Latinoamérica.

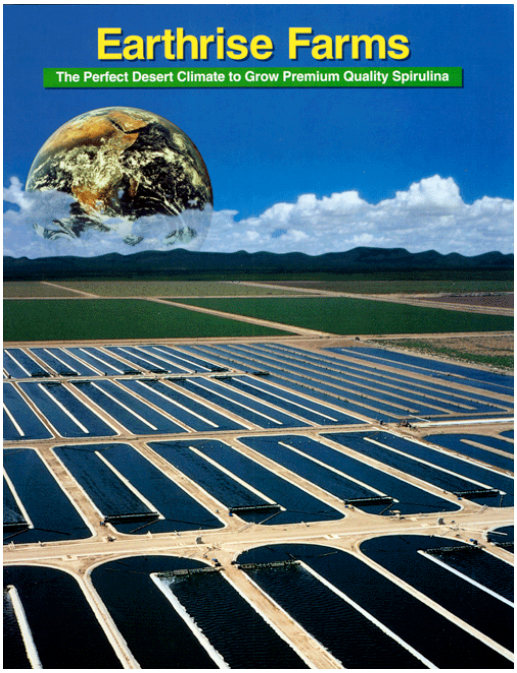


Imagen 2.3: Piletones de Earthrise

2.3 Mercado argentino

2.3.1 Suplementos Dietarios

Las vitaminas y suplementos dietéticos están bien establecidos en nuestro pais entre los consumidores de medianos a altos ingresos. Conforman dos grupos con diferentes enfoques para la toma de nutrientes.

Los consumidores de ingresos medios optan por los alimentos fortificados o funcionales y bebidas con adición de vitaminas, minerales. Esto se debe a precios relativamente más bajos que los suplementos nutricionales.

Por otro lado, los consumidores de altos ingresos complementan los mismos hábitos con píldoras o tabletas en una base diaria. Éstos añaden costos significativos a la alimentación dado que la mayoría de las marcas son importadas y la devaluación del peso afectan significativamente los precios en el mercado local.

El mercado de las vitaminas y los suplementos dietéticos está concentrado- Bayer Argentina SA, Herbalife International Argentina SA y Nycomed SA en conjunto, representan el 41% del valor de las ventas al por menor en 2015. El resto del mercado se reparte entre más de 30 empresas, en su mayoría fabricantes locales. Bayer lideró las ventas con una cuota de 18%, seguido por Herbalife International Argentina SA con el 13%. Bayer lidera gracias a su larga presencia en el país. El alto valor de marca siendo uno de los principales impulsores de las ventas - con las marcas insignia Supradyn, Redoxon y Berocca, que han estado en el mercado durante décadas y

reciben un fuerte apoyo publicitario. Vale destacar que estos principales jugadores del mercado no producen ni comercializan spirulina.

Se espera que la economía local impulse a las vitaminas y los suplementos dietéticos a una performance menor que lo observado en los mercados internacionales. También, se espera que durante los años 2015 y 2016 se registre una tasa de crecimiento anual de un valor menor al 1% (precios constantes de 2015). Las tasas de inflación altas y baja confianza del consumidor probablemente afectarán a las ventas de vitaminas y suplementos dietéticos ya que estos productos están estrechamente correlacionados con el desempeño del PBI.

2.3.2 Spirulina

Si hablamos específicamente de la spirulina este producto fue recientemente introducido en el mercado argentino, elaborado por las siguientes compañías de pequeña y mediana escala: Hydrogrow (Spiruline), HydroFarming (Spirulina Bogado), OilFox (SpiruFox) y Vitatech. También existen empresas que importan el producto y lo comercializan en Argentina bajo una marca nacional, como por ejemplo Natural Life Argentina (Good n' Natural) que importa sus productos de Estados Unidos.

1. Hydro Farming [11] : Este emprendimiento nació en 1992 en Coronel Bogado, ubicado a 40 km al sur de Rosario, en la provincia de Santa Fe. Es la primera planta de producción de spirulina de Argentina. Luego de algunos percances para conseguir el medio necesario para el cultivo pudieron lograr que la cepa se reproduzca. En esa época, la Spirulina no era un alimento conocido y la población argentina no tenía cultura de consumir el producto diariamente, por lo que Hydro Farming tuvo que atravesar este obstáculo. Los financiadores para este proyecto habían sido los estados nacional y provincial.

A partir de 2002, la empresa comercializa su producto bajo la marca Bogado, y es una de las principales spirulinas del mercado. La línea cuenta con envases de cápsulas de 60 y 120 comprimidos (500mg cada uno), spirulina granulada en 50 g, spirulina con agregado de vitamina C + zinc para épocas frías (60 comprimidos), spirulina reductora con garnicia para pérdida de peso (60 comprimidos), spirulina energizante con agregado de ginseng (60 comprimidos) y spirulina relajante con valeriana y tilo (30 comprimidos).

[11] http://www.hydrofarmingsa.com/#!/-bienvenido/

Imagen 2.4, 2.5, 2.6: Planta de Hydro Farming y envase de comercialización

2. OilFox : Nace en 1997 como una planta de producción de biodiesel a partir de micro algas. Por cuestiones específicas del mercado del combustible y la situación económica del país, deciden cambiar sus actividades. Consecuentemente, abandona la producción de biodiesel para dedicarse a la spirulina, utilizando de este modo las instalaciones y equipos con los que contaban anteriormente. Poseen una planta en Brandsen, al sur de la Capital Federal en la provincia de Buenos Aires en donde cuentan con 4 invernaderos de 500m2 cada uno. Comercializa sus productos bajo la marca SpiruFox.

Imagen 2.7: Planta de OilFox

3. HydroGrow: Empresa que se enfoca en hacer suplementos dietarios naturales en general. Hace foco en la innovación científica y el desarrollo de nuevos productos junto con altos estándares de calidad en los procesos productivos. En cuanto a la spirulina, apunta al nicho específico de los deportistas con la idea de que logren mejorar su rendimiento. En este negocio, toda su línea de productos cuenta con la misma base de spirulina y dependiendo de la especialidad deportiva, se dispone de un agregado. Están calificados bajo HACCP, GMP, normas ISO 22000 que trata sobre la gestión inocua de sustancias alimenticias. Comercializa bajo tres marcas: Spiruline, Sportgen y Organikal.

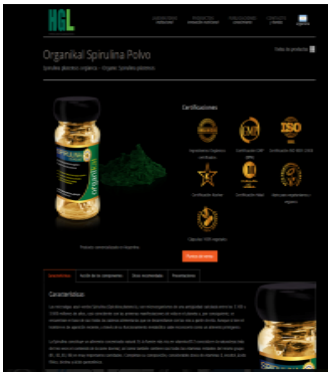


Imagen 2.8 y 2.9: Sitio web de Organikal y Spiruline respectivamente

2.3.3 Dimensionamiento del mercado

Con las tendencias ya mencionadas del cuidado de la salud, el mercado de los suplementos dietarios viene aumentando progresivamente. Según datos del Sindicato Argentino de Farmacéuticos y Bioquímicos, en 2012 el mercado argentino estaba comprendido por 13 millones de consumidores (alrededor de un 32,5% de la población actual del país).

En el mercado de la spirulina, para conocer la oferta nacional se utilizaron datos de distintas fuentes dada la escasez de información debido a la reciente entrada del producto al mercado. Se tuvo una entrevista con el presidente de OilFox, en la cual se pudo dialogar en profundidad de la industria. Con información provista a partir de esta entrevista, se estima que el mercado potencial de consumidores diarios es entre 1-2% de la población nacional si se considera una dosis diaria de 500 mg.

Por otra parte, se tomaron datos provistos por el Banco Central del Ecuador de informes[12] del mercado de la spirulina en aquél país. Como se muestra a continuación, se calculó la incidencia de la misma en la población, es decir, el porcentaje de personas consumidoras de spirulina del total de la población.

ECUADOR			
AÑO	POBLACIÓN	TONELADAS MERCADO	INCIDENCIA CONSUMIDORES
2004	13.530.000	6	0,24%
2005	13.780.000	8	0,32%
2006	13.780.000	15	0,60%
2007	14.027.000	22	0,86%
2008	14.510.000	23	0,87%

Tabla 2.1: Población y toneladas de spirulina consumidas en el mercado ecuatoriano. Consecuentemente se obtuvo el porcentaje de consumidores de la población total, columna titulada "Incidencia consumidores"

Una vez conocida la evolución de la incidencia de consumidores, se calculó la tendencia a futuro hasta el año 2027. El resultado se muestra a continuación:

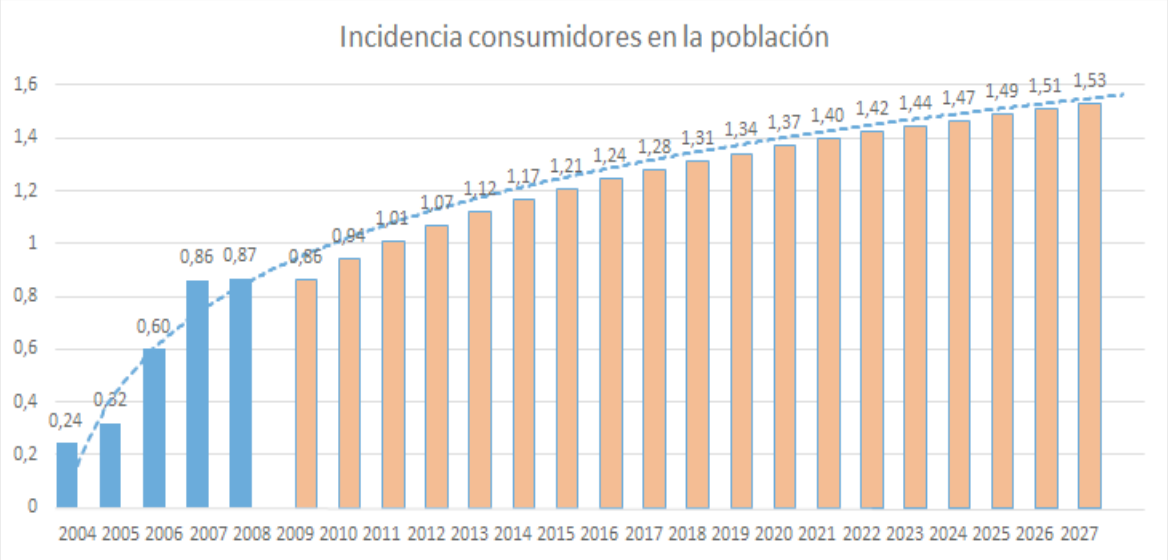


Gráfico 2.1: Porcentaje de consumidores de spirulina de la población ecuatoriana actual (en color azul) y proyectados (en color naranja) para el período 2004-2027.

[12] Proyecto de factibilidad de producción y exportación de alga Spirulina en cápsulas y en polvo de 400g al mercado de Brasil. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4552

Una vez proyectada la tendencia a futuro en el mercado ecuatoriano, se toma como hipótesis principal que la misma será igual en el mercado argentino. Es decir, se asume que el porcentaje de consumidores en Argentina será igual que en Ecuador. De este modo, se observa un porcentaje de consumidores de 1.21% en el 2015, lo cual coincide con lo estima el presidente de Oil Fox acerca de las tendencias futuras en el mercado nacional. Luego, en función de los últimos censos nacionales, se proyectó la población argentina hasta el año 2027. A modo de ejemplo, se proyecta que la población argentina en el 2015 fue de 42.278.334 y se estima que en 2027 habrá 47.247.932 habitantes. De esta forma, teniendo esta información y multiplicando por la incidencia porcentual de consumidores, se estima la cantidad de consumidores de spirulina en Argentina hasta el año 2027.

Finalmente, es necesario calcular el consumo anual promedio por persona. Teniendo en cuenta la dosis recomendada de los distintos fabricantes, se puede tomar como referencia un consumo diario de 500mg por persona. Sabiendo el consumo diario de una persona y la cantidad de consumidores totales para ese año, se puede obtener el consumo total anual estimado año a año. De esta forma, se obtiene el dimensionamiento del mercado local en toneladas. Los resultados se muestran a continuación.

Año	Población Argentina	Porcentaje consumidores	Toneladas mercado
2015	42.278.334	1,21	93,05
2016	42.692.467	1,24	96,92
2017	43.106.600	1,28	100,60
2018	43.520.733	1,31	104,13
2019	43.934.866	1,34	107,53
2020	44.348.999	1,37	110,82
2021	44.763.133	1,4	114,01
2022	45.177.266	1,42	117,12
2023	45.591.399	1,44	120,16
2024	46.005.532	1,47	123,12
2025	46.419.665	1,49	126,03
2026	46.833.798	1,51	128,89
2027	47.247.932	1,53	131,70

Tabla 2.2: Mercado argentino; población proyectada, porcentaje de consumidores en el mercado estimado y finalmente, las toneladas consumidas en el mercado estimadas, para el período 2015-2027. En el texto se explica detalladamente el proceso utilizado para realizar estas proyecciones.

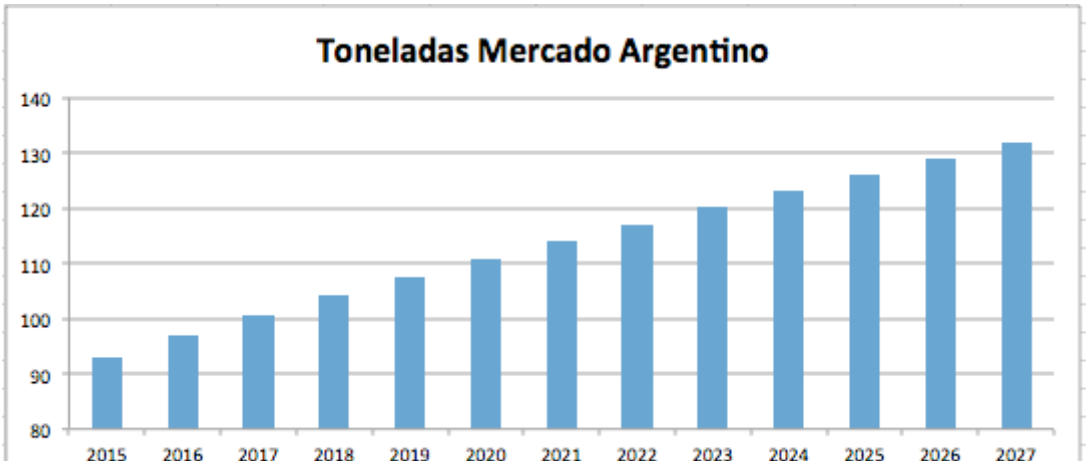


Gráfico 2.2: Toneladas de spirulina consumidas en el mercado argentino estimadas para el período 2015-2027

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, se estima que actualmente el mercado de la spirulina en argentina es de 100 toneladas anuales aproximadamente. En función del crecimiento de la población y de la penetración del producto en el mercado, se pronostica que aumentará en un 30% para el año 2027.

2.3.4 Canales de venta

Respecto a los canales de venta de los suplementos dietarios, un artículo[13] publicado en 2012 en el diario Clarín determina que el canal predominante es internet, seguido por farmacias y, finalmente, gimnasios. Resulta lógico asumir que la spirulina sigue la misma distribución que los suplementos dietarios.

La ventaja de que más de la mitad de las ventas del mercado está concentrado en ventas por internet significa que los costos de comercialización son menores. A diferencia de la venta en farmacias y en gimnasios, al no tener stocks *in situ* en los puntos de venta, las comisiones y los costos de almacenamiento son menores.

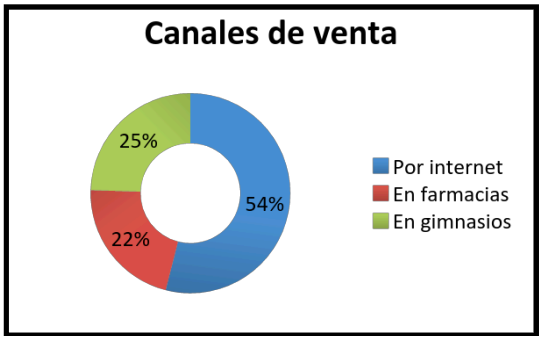


Gráfico 2.3: Distribución de ventas según canal para

[13] http://www.nutrifarma.com.ar/static/material/prensa/Un%20mercado%20millonario%20-%20Clarin%20-%2019-11-12.pdf

2.3.5 Precios

A continuación, pueden verse los precios de venta de las principales marcas de spirulina en el mercado argentino en polvo y en capsulas:

Lab	Marca	Peso [g]	Precio		
			AR$	U$D	U$D/gr
HydroGrow	Spiruline	40	$ 185,00	$ 13,21	$ 0,33
Bogado	HydroFarming	50	$ 155,00	$ 11,07	$ 0,22
	Bhikkus Tucumán	120	$ 250,00	$ 17,86	$ 0,15
	(Marca blanca)	500	$ 511,00	$ 36,50	$ 0,07
	Espirulina	200	$ 200,00	$ 14,29	$ 0,07
	Alimentación Vital	1.000	$ 638,00	$ 45,57	$ 0,05

Tabla 2.3: Precios de las principales marcas. Comercialización en polvo.

Lab	Marca	Presentación		Precio		
		Cápsulas	Peso [mg]	AR$	U$D	U$D/gr
HydroGrow	Spiruline	60	0,3	$ 137,00	$ 9,79	$ 0,54
Vitatech	Vitatech	60	0,3	$ 122,00	$ 8,71	$ 0,48
Natural Life	Good ´n´ natural	60	0,5	$ 190,00	$ 13,57	$ 0,45
HydroFarming	Bogado	60	0,5	$ 130,00	$ 9,29	$ 0,31

Tabla 2.4: Precios de las principales marcas. Comercialización en cápsulas.

El precio de venta promedio en capsulas es de U$D 0,45 por gramo. Por el otro lado, el precio de venta promedio en polvo es de U$D 0,15 por gramo. De esta manera, se puede ver que hay una importante diferencia entre los precios de venta en forma de polvo y en capsula. Consecuentemente, se opta por comercializar enteramente en forma de cápsula.

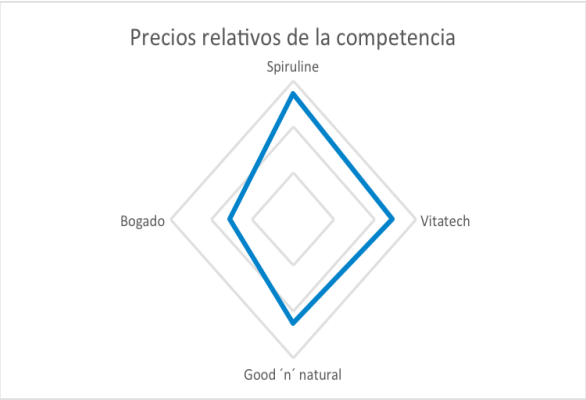


Gráfico 2.4: Comparación de precios.

2.4 Posicionamiento

2.4.1 Market share objetivo

En el mercado nacional se encuentran cinco grandes productores y vendedores de Spirulina, y numerosos minoristas que suelen comprar a granel y vender bajo un nombre propio Spirulina fraccionada. Los grandes competidores son: Hydro Grow, HydroFarming, SpiruFox, Vitatech y Natural Life. Todos los productores son nacionales a excepción de Natural Life que importa la marca estadounidense Good ´n Natural. Dado el panorama de falta de información sobre las ventas de cada uno de los vendedores locales, se establece la hipótesis que el mercado se divide equitativamente entre cada uno de los cinco grandes competidores. Asimismo, se tomará una agrupación de todos los minoristas bajo la categoría "Otros", a la cual se le asignan ventas por 10% del total.

Al ingresar al mercado, se buscará captar *market share* de los cinco grandes competidores, utilizando las estrategias que se describen en el próximo inciso. Por otro lado, respecto al 10% del mercado perteneciente a los "Otros", se asume que se mantendrá estable; aparecerán nuevos pequeños vendedores y competirán entre ellos.

El *market share* objetivo del proyecto será un 15%. Sin embargo, sería irreal asumir que se podrá obtener el mismo desde el inicio del proyecto. Se estima empezar captando un 5% al primer año de producción (2017) y luego incrementos del 2% por los cinco años siguientes para así llegar al objetivo al cabo del quinto año del proyecto (2022). Posteriormente se mantendrá estable el 15% del 2022 al 2027.

A continuación, se encuentra una tabla en la que se detalla el porcentaje *de market share* propio pronosticado año a año, con la producción correspondiente en toneladas. Como se puede observar, el proyecto comenzaría en 2016, pero las ventas recién comenzarían en 2017

.

Año	Población Argentina	Porcentaje consumidores	Toneladas mercado	Market share propio(%)	Toneladas propias
2015	42.278.334	1,21	93,05		
2016	42.692.467	1,24	96,92		
2017	43.106.600	1,28	100,60	5	5,03
2018	43.520.733	1,31	104,13	7	7,29
2019	43.934.866	1,34	107,53	9	9,68
2020	44.348.999	1,37	110,82	11	12,19
2021	44.763.133	1,40	114,01	13	14,82
2022	45.177.266	1,42	117,12	15	17,57
2023	45.591.399	1,44	120,16	15	18,02
2024	46.005.532	1,47	123,12	15	18,47
2025	46.419.665	1,49	126,03	15	18,90
2026	46.833.798	1,51	128,89	15	19,33
2027	47.247.932	1,53	131,70	15	19,75

Tabla 2.3: Market share objetivo y, consecuentemente, toneladas a producir en comparación a la totalidad del mercado argentino. Esta tabla utiliza la información de la Tabla 2.2 mostrada anteriormente y adiciona el market share objetivo y las toneladas correspondientes.

2.4.2 Estrategias de diferenciación

Para poder lograr el *market share* propuesto, se deberá establecer una estrategia de diferenciación del resto de los jugadores del mercado. Para ello, se va hacer énfasis en dos cuestiones.

La principal idea es crear una marca con un buen desarrollo de imagen y un producto especializado en la calidad. Una estrategia similar tiene el laboratorio HydroGrow, que cuenta con tres marcas: Spiruline, Sportgen y Organikal. La primera de ellas, busca una imagen medicinal y es spirulina pura. Las otras dos marcas son con agregados nutricionales y por ello tienen un precio más elevado que el resto.

En este sentido, Hydrogrow posee una marca bien desarrollada, clara y bien percibida por el consumidor. Tiene certificados de calidad que avalan sus procesos productivos (HACCP, ISO 22000, GMP, Naturland, Halal y Kosher)

Es por ello que HydroGrow representa la mayor competencia. Teniendo esto en cuenta, la estrategia propia es proponer un precio de venta ligeramente inferior al de HydroGrow. Observando los precios del mercado listados en la tabla 2.4, se ve que el precio promedio por gramo es de U$D 0,45 y el precio superior es de U$D 0,54. Por

ello, nuestro precio de venta al público será de U$D 0,50 por gramo. Ello implica que se encuentre por debajo de HydroGrow y por encima del resto de los competidores.

Al mismo tiempo, se busca esarrollar la imagen de marca y la calidad de los productos tan bien o mejor que ellos para que la disminución en el precio no sea percibida como una caída en calidad en comparación con la competencia. Para poder lograrlo, es fundamental que la marca cuente con certificaciones de calidad para avalar los procesos de fabricación y productos terminados.

A su vez, existe una buena oportunidad de incorporar una práctica de *packaging* novedosa que se utiliza en algunos países del extranjero. Como la spirulina en polvo no posee buena textura ni aroma, es una práctica común el uso de pastillas comprimidas para hacer la ingesta rápida. De esa forma, se evita la textura pero no sucede lo mismo con el aroma. Consecuentemente, se cree que es una buena herramienta de promoción comercializar la spirulina en cápsulas blandas para evitar el aroma que puede llegar a molestar a los consumidores. De este modo, sería el unico caso en Argentina y la marca quedaría fácilmente identificada.

2.5 Regulaciones

El mercado argentino de los suplementos nutricionales se rige por el Código Alimentario Argentino (CAA) y que define a los mismos: "los productos destinados a incrementar la ingesta dietaria habitual, suplementando la incorporación de nutrientes en la dieta de las personas sanas que, no encontrándose en condiciones patológicas, presentan necesidades básicas dietarias no satisfechas o mayores a las habituales. Siendo su administración por vía oral, deben presentarse en formas sólidas (comprimidos, cápsulas, granulados, polvos u otras) o líquidas (gotas, solución, u otras), u otras formas para absorción gastrointestinal, contenidas en envases que garanticen la calidad y estabilidad de los productos…". La spirulina califica como nutricional y por ende está regulada por el CAA.

2.5.1 Habilitaciones Necesarias

La Administración Nacional de Medicamentos Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) emitió la disposición 1637/2001[14] en marzo del 2001 en la cual, entre otras cosas, se autoriza el listado positivo de hierbas y otros materiales de origen vegetal que podrán utilizarse como ingredientes en la composición de suplementos dietarios. Dentro de esta lista se encuentra la *Spirulina Platensis*. Dicha disposición no fue

[14]El texto completo puede encontrase en:
http://www.anmat.gov.ar/Legislacion/Alimentos/Disposicion_ANMAT_1637-2001.pdf

modificada, por lo que es posible comercializar Spirulina como suplemento dietario en nuestro país.

Para poder habilitar una planta y estar autorizado a elaborar un suplemento dietario se deben cumplir algunos requisitos que se detallan a continuación. Los trámites que se detallan son referentes a productos comercializados nacionalmente.

Toda persona física o empresa que, en un establecimiento, dentro del ámbito de la República Argentina, que quiera producir, elaborar, fraccionar, distribuir o expender productos alimenticios debe realizar los trámites para la inscripción en el Registro Nacional de Elaboradores (RNE) y en el Registro Municipal correspondiente, según la localización elegida.

En los requerimientos para presentar la inscripción en el RNE se detallan los siguientes a destacar: Estatuto de Sociedad, constancia de inscripción en el Registro Público de Comercio o la Dirección General de Inspección de Personal Jurídicas, Nota del Establecimiento comunicando el nombramiento del Director Técnico y nota de aceptación de la Dirección Técnica por el profesional, Comprobante de liquidación de Tasas según Ley Impositiva Provincial, formulario 931 de AFIP (para verificar el número de empleados que tiene la fábrica), Declaración Jurada de Cumplimiento de Normativas Relacionadas con la Elaboración de productos Alimenticios (consiste en asistir a una charla informativa de "Introducción a las Buenas Prácticas de Manufactura" y obtener un certificado de presencia), Habilitación Municipal, Declaración Jurada de Uso de Marcas, Memoria Descriptiva Edilicia del Establecimiento, Certificado de inscripción en el Registro Industrial de la Nación (RIN) o de la Provincia de Córdoba (RIP).

Una vez inscripto el establecimiento en el Registro Municipal, Industrial Provincial y Nacional de Elaboradores, el mismo se encuentra habilitado para desarrollar las actividades declaradas. Sin embargo, antes de comenzar a comercializar el o los productos alimenticios que elabore, deben inscribirse en el Registro Nacional de Productos Alimenticios (RNPA) expedido por la Dirección General de Higiene y Seguridad Alimentaria. Dentro de los requisitos para la inscripción en el RNPA, se destacan los siguientes: Protocolo de análisis del perfil que está suplementando el producto a inscribir (realizado por un laboratorio autorizado que se enumeran en un instructivo) y Comprobante de liquidación de Tasas según Ley Impositiva Provincial.

Por último, es necesario conseguir la habilitación del envase que contendrá la spirulina. Para este se necesita presentar también ciertos certificados, dentro de los cuales se destaca el Protocolo de análisis de Migraciones específicas (aptitud de envases) realizado por un laboratorio oficial o debidamente reconocidos por la Autoridad Sanitaria.

Todos estos trámites se realizan en la Secretaría de Alimentos, dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos.

Resumiendo, los pasos necesarios para lograr una completa habilitación de la planta de spirulina serían:

- Registro del establecimiento en Municipalidad correspondiente
- Inscripción en el Registro Industrial de la provincia correspondiente
- Registro en RNE (Registro nacional de elaboradores)
- Registro en RNPA (Registro Nacional de Productos Alimenticios)
- Registro de Aptitud de Envase

No es necesaria la inscripción en la ANMAT debido a que la misma se encarga de regular el comercio internacional con origen y/o destino la Argentina o cuando se necesite importar materia prima con destino al mercado local que tampoco es nuestro caso. Como el producto en cuestión está destinado al mercado local se puede obviar esta etapa[15].

2.5.2 Habilitaciones para poder exportar

En caso de decidir exportar, las habilitaciones difieren muy poco de las requeridas para elaboración de suplementos dietarios para consumo nacional. La oficina encargada de regular las importaciones y exportaciones de productos alimenticios es el INAL (Instituto Nacional de Alimentos), dependiente del ANMAT.

El INAL, como autoridad sanitaria nacional, es el responsable de verificar las condiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial de los productos que entren o salgan del país. Cumplidos estos requisitos, pueden comercializarse, circular y expenderse en todo el territorio nacional. Los requisitos a cumplir para poder exportar se encuentran en el Decreto 2126/71, posteriormente modificado por el Decreto 2029/91.

Se requiere estar inscripto en el RNE y RNPA, pero con naturaleza de exportadores. Para efectuar esta modificación se debe presentar ante el INAL, un pedido de gestión de modificación de RNE y RNPA bajo el pedido de “Ampliación de usos”. Según la lista de precios vigentes del ANMAT, el costo de cada modificación es de $1700, son trámites personales y pueden tener una duración de hasta 180 días.

Se deberá asimismo solicitar una Autorización de Envases y Materiales en contacto con Alimentos adicional. Previo a poder exportar, se requieren tres certificaciones adicionales: Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento, Buenas

[15] El siguiente enlace explica los casos en los cuales corresponde un registro en la ANMAT http://www.anmat.gov.ar/formularios/guia_alimentos.asp

Prácticas Manufactureras y Libre de Enfermedades. Todas las certificaciones son otorgadas por el INAL.

Luego se debe presentar un Aviso de Exportación ante la Dirección General de Aduanas. Si el país destinatario lo requiriera, se puede solicitar un certificado de Apto Consumo (consumo apto para humanos) en la mesa de entrada del INAL. Este certificado se presenta frente a las Autoridades Sanitarias del país de destino.

3. Estudio de Ingeniería

3.1 Capacidad Objetivo

Según lo estudiado por el análisis y dimensionamiento del mercado local de spirulina, se determinó la cantidad a producir a través de los años en función de la evolución del market share objetivo y el crecimiento natural del mercado. Los números finales se presentan en la tabla a continuación.

Año	Toneladas a producir	Frascos a producir
2017	5,030	193.465
2018	7,289	280.357
2019	9,678	372.230
2020	12,190	468.862
2021	14,822	570.071
2022	17,568	675.703
2023	18,023	693.203
2024	18,468	710.322
2025	18,905	727.104
2026	19,333	743.583

Tabla 3.1: Evolución de producción.

Para poder llegar al mercado con las cantidades calculadas, es necesario dimensionar la capacidad de producción de la planta con cierto margen de seguridad por encima de lo estimado. Ese margen contempla ineficiencias que se traducen en pérdidas de producto, interrupciones no programadas en la producción, previsiones por desgaste, diferencias entre rendimientos proyectados y reales y, finalmente, la contemplación de cierta capacidad ociosa para poder satisfacer picos de demanda no esperados.

Para el cálculo de sobredimensionamiento, se consideró un porcentaje del 75% como un valor estándar de eficiencia. Consecuentemente, si se estima que la maquinaria va a funcionar a ese valor de su capacidad, el sobredimensionamiento debe ser de un 25% adicional.

3.2 Localización

Una parte importante del proyecto involucra considerar dónde se va a situar la planta de producción. Para esto se empezará por describir los factores a tener en consideración y luego se plantearán distintas opciones para después realizar una comparación entre las mismas. Para decidir cuál de ellas es más idónea se hará uso del método de los factores ponderados. A cada uno de los aspectos a tener en cuenta se le asignará un factor de ponderación de acuerdo a su importancia relativa (de 0 a 1). A partir de esta información se armará una matriz para comparar las opciones y elegir la mejor sumando los puntajes asignados a cada aspecto.

Para la instalación de la planta se deben tener en cuenta diferentes aspectos:

- **Cercanía de central térmica**: Como se explicará en mayor detalle más adelante es fundamental para nuestro proceso contar con acceso a la descarga de gases de combustión de una central térmica, debido a las mejoras en la productividad que se observa cuando a las algas se le administra CO_2 en exceso. Diversos estudios[16] demuestran que las algas crecen con una velocidad mucho mayor bajo concentraciones de dióxido de carbono más elevadas que la presente en la atmósfera. Esta propiedad causó que gran cantidad de plantas de spirulina se hayan establecido en terrenos adyacentes a centrales térmicas, haciendo contratos con éstas para que les deriven parte de los gases de escape. De hecho, existen en la provincia de Santa Fe un cultivo de spirulina anexo a una central de turbo gas y otra en la provincia de Buenos Aires, anexo a la central térmica de San Nicolás. Debido a esto, el punto de arranque de la localización fue buscar áreas que estén cerca de una central térmica capaz de entregar parte de los gases de escape a la planta de producción.
- **Transporte**: Este aspecto hace referencia a la distancia de la planta de producción a los distintos centros de consumo. Por simplicidad, para medir este aspecto se tomará la distancia por ruta a los principales tres centros de consumo de país (Buenos Aires, Córdoba y Rosario). Al ser un producto cuyo precio por kilogramo es muy elevado y de bajas necesidades de preservación una vez terminado y seco, se considera que el costo de transporte no representa un factor determinante en los costos operativos. Por esto, los factores de costo del terreno y de requerimientos climáticos toman mayor protagonismo que este. Se le asigna a este aspecto una ponderación de 0,2.
- **Costo del Terreno**: El costo de la tierra cobra una importancia alta en nuestro proyecto debido a la escala del emprendimiento. Para medir este aspecto se

[16] Rogers "et al", 2013.

tomará el costo promedio de una hectárea de acuerdo a las inmobiliarias consultadas. Se le asigna una ponderación de 0,5.

- **Clima**: Debido a la sensibilidad de las algas al ambiente en el cual crecen, es vital para mantener la estabilidad del proceso y una producción continua que el ambiente cuente con ciertas características en cuanto a temperatura e insolación solar (para más información sobre esto referirse al capítulo "cultivo" dentro de la sección de ingeniería). Para medir este aspecto, se registrarán la temperatura media anual de la zona (óptimo para el proceso es de 25 grados) y las horas de sol anuales. Se le asigna una ponderación de 0,3.

1. Rosario, Santa Fe: Se consideró la usina Sorrento, ubicada en Rosario, Santa Fe. Esta usina tiene una potencia instalada de 130 MW y es administrada por el Grupo Albanesi. Tuvo un funcionamiento discontinuo en los últimos años, parcialmente por conflictos entre los empleados y el cuerpo gerencial, pero también por algunas fallas en los equipos en 2008. Ésta en una zona urbana (Sorrento es un barrio al norte de la ciudad de Rosario). En las dos imágenes inferiores se puede apreciar esta situación. Se encuentra a 292 km de Buenos Aires y 405 km de Córdoba. El precio del terreno es alrededor de U$D 15.000/hectárea. La temperatura media es de 17,1°C y tiene 2.745 horas de sol anuales.

Imágenes 3.1 y 3.2: Imagen satelital y aérea de la central Sorrento y la zona.

2. San Nicolás, Buenos Aires: La central térmica San Nicolás tiene una capacidad instalada de 675 MW y es administrada por AES. Cuenta con infraestructura y acceso al río Paraná. Se encuentra a 234 km de Buenos Aires, 70 km de Rosario y 469 km de Córdoba. El costo promedio de la hectárea es de U$D 15.000. La temperatura media es de 17,1°C y tiene 2.745 horas de sol anuales.

Imágenes 3.3 y 3.4: Imagen satelital y aérea de la central

3. Necochea, Buenos Aires: Esta central térmica está ubicada en la ciudad balnearia de Necochea. Tiene una capacidad instalada de 206 MW y está administrada por Centrales de Costa Atlántica S.A. Está ubicada en el Puerto Quequén, sobre el río Quequén Grande. Al ser una ciudad balnearia turística, el precio de la hectárea es muy elevado en comparación a otras localidades. Asimismo, se puede observar que hay solamente un predio libre adyacente a la central térmica; junto con el hecho que es una ciudad turística, sugiere que la posibilidad de expansión estaría limitada. Se encuentra a 520 km de Buenos Aires, 742 km de Rosario y 1102 km de Córdoba. El precio de la hectárea es alrededor de U$D 10.000. La temperatura media anual es de 14,1°C con 2.123 horas de sol anuales.

Imágenes 3.5 y 3.6: Imagen satelital y aérea de la central de

4. Guemes, Salta: La central térmica General Güemes se encuentra ubicada en las afueras de la ciudad General Güemes, en la provincia de Salta. La planta tiene una capacidad instalada de 361 MW, trabaja con gas natural y es administrada por Pampa Energía, mediante una de sus subsidiarias. La central tiene acceso directo a la ruta nacional 34 y al río Mojotoro. Existe un parque industrial, por lo que hay obras de infraestructura realizadas tanto en la ciudad como en las afueras lo cual simplificaría la

instalación de la planta. Se encuentra a 1459 km de Buenos Aires, 1.170 km de Rosario y 873 km de Córdoba. El precio de la hectárea es de U$D 2.000. La temperatura media anual es de 16,5°C con 1.827 horas de sol.

5. Pilar, Cordoba: La usina Arturo Zanichelli, que se encuentra en las afueras de la localidad de Pilar, en la provincia de Córdoba tiene generación por turbo vapor y turbo gas, funcionando tanto con gas natural como gasoil. La localidad se encuentra a 647 km de Buenos Aires, 53 km de Córdoba Capital y 361 km de Rosario. El precio de la hectárea es de U$D 8.000. La temperatura media es de 18°C con 2.534 horas de sol anuales.

Imágenes 3.8 y 3.9: Imagen satelital y aérea de la central Arturo

La siguiente tabla resume lo expuesto hasta el momento sobre las características principales de cada zona:

Zona	Transporte (kms tot)	Costo Terreno ($/hec)	Clima1 (C°)	Clima2 (hs sol)
Rosario	697	15000	17.1	2745
San Nicolas	773	15000	17.1	2745
Necochea	2364	10000	14.1	2123
Guemes	3502	2000	16.5	1827
Pilar	1061	8000	18	2534

Tabla 3.2: Comparación de características principales de las potenciales

A partir de estos valores se puede generar una matriz que permita comparar las distintas opciones. Se le asignó un valor de 1 (peor) a 5 (mejor) a cada aspecto. La columna puntaje muestra el promedio ponderado de los valores de los distintos aspectos. El valor de ponderación de cada aspecto se muestra entre paréntesis (0,5 para costo terreno, por ejemplo):

Zona	Transporte (0,2)	Costo Terreno (0,5)	Clima (0,3)	Puntaje
Rosario	5	2	4	3,2
San Nicolas	4	2	4	3
Necochea	2	3	3	2,8
Guemes	1	5	3	3,6
Pilar	3	4	5	4,1

Tabla 3.3: Matriz de ponderación de los factores

De la tabla anterior se desprende que la mejor opción para situar la planta es en Pilar, Córdoba.

Además de este análisis cuantitativo cabe mencionar que la opción elegida está a 500 metros de la Ruta 9 (autopista Córdoba-Rosario) lo que le da un excelente acceso para logística de insumos y producto terminado. Está en una zona rural con pocas viviendas familiares en las proximidades, con lo que se evitan conflictos de intereses con propietarios. También hay un río en las proximidades lo cual provee de una fuente de agua indispensable para el proceso productivo. Asimismo, cuenta con una zona urbana cerca (Córdoba Capital) lo que, si bien eleva el precio de la tierra, representa una ventaja ya que da seguridad ante eventualidades en la producción y también es una importante fuente de fuerza laboral calificada.

3.3 Proceso Productivo

El diseño del proceso productivo se basó en diversos estudios sobre el tema y, teniendo en cuenta las líneas de producción de los principales productores a nivel mundial, se decidió que el proceso productivo contará con las siguientes etapas: cultivo, pre-filtrado, filtrado, lavado, secado, encapsulado y dosificado. El cultivo comprende la etapa de crecimiento de las algas en piletones cubiertos de los cuales se extrae la pasta de algas semanalmente. De ahí pasan a etapas sucesivas de filtrado en las cuales se secan las algas y se le extrae a la pasta el medio de cultivo, el cual se recircula a los piletones. Luego hay una etapa de lavado en donde las algas son rociadas con agua dulce para extraer los últimos rastros de medio de cultivo. A continuación, se pasa a una etapa de secado spray donde se obtiene el polvo de algas ya seco. El polvo luego es colocado en cápsulas blandas en la etapa de encapsulado y las mismas son dosificadas de a 60 unidades por frasco. A continuación, se puede ver el diagrama del proceso productivo propuesto. Debido a que los volúmenes de cada etapa varían año a año, el que se muestra a continuación es el correspondiente al año 10:

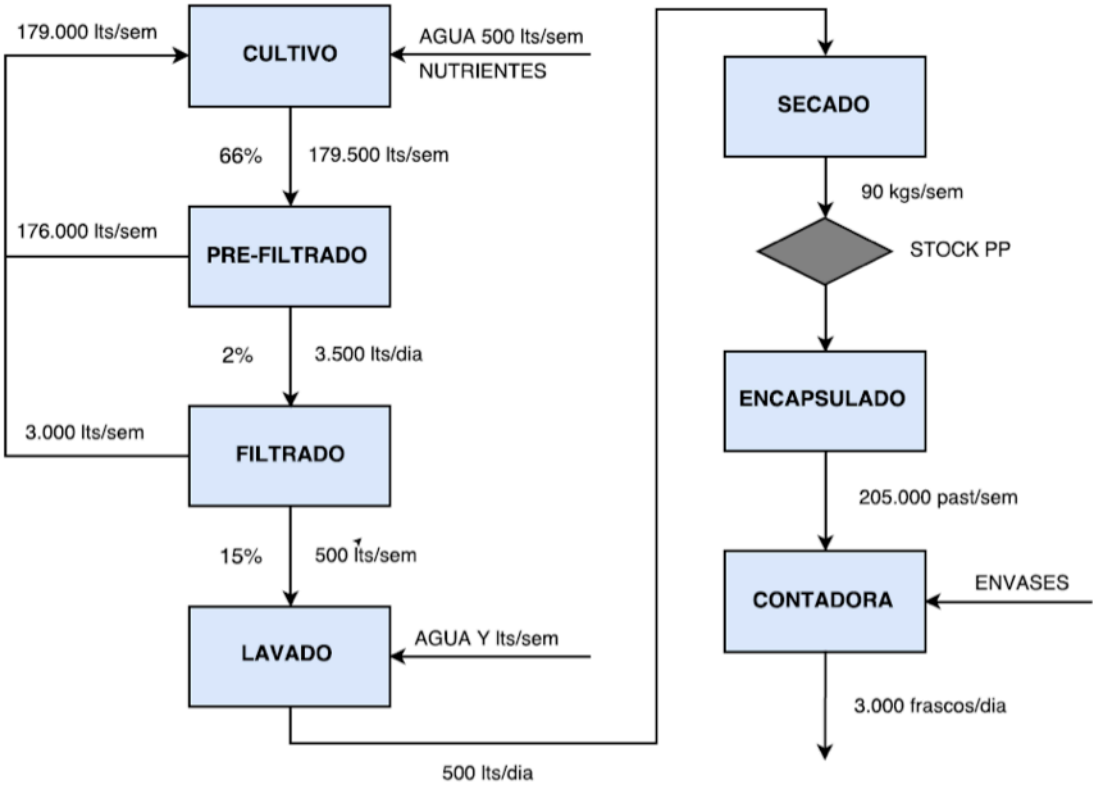


Diagrama 3.1: Diagrama del proceso productivo.

3.3.1 Piletones - Cultivo

La spirulina es un alga filamentosa formada por células dispuestas a lo largo de un filamento en espiral. Habita en medios diversos como, suelos, arenales, pantanos, lagos alcalinos y aguas salobres, marinas y dulces. Los nutrientes que necesita son agua y fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y otros oligoelementos. El cultivo de la spirulina se realiza en un medio acuoso contenido en piletones.

Las posibilidades constructivas son muchas. La forma utilizada para la construcción de los mismos es similar a la de una pista de carreras (llamadas *raceway* en inglés) ya que permite mover continua y eficientemente todo el cultivo con un solo impulsor. La razón de ello es que un filamento individual de spirulina no puede soportar una exposición prolongada al sol: es destruido por fotólisis. El impulsor debe ser de corto diámetro y rotar a elevadas revoluciones por minuto para mantener un caudal aproximado de 0,3 metros por segundo[17].

El diseño es similar a un óvalo y se divide longitudinalmente con un pequeño tabique. A ambos lados de esta pared se disponen suaves curvaturas para que no queden ángulos vivos entre la pared y el piso donde se generen zonas de remansos. Además, se deben redondear todos otros ángulos con el fin de facilitar la circulación del medio y la limpieza del piletón. A la vez, se debe considerar que el fondo tenga una leve pendiente y un agujero para permitir el fácil vaciado del mismo.

En cuanto a materiales, dada su buena calidad, durabilidad, elevada resistencia mecánica y a los rayos UV, una buena alternativa son las láminas de PVC. Para ello, se elabora un encofrado de cemento u hormigón, dándole la estructura base sobre la cual se aplicarán las membranas. Éstas son traslapadas tanto longitudinal como transversalmente y soldadas por fusión con aire caliente.

Los piletones deben ser recubiertos con una estructura de tipo invernadero la cual cumple múltiples funciones:

- Prevenir la difusión del CO_2 a la atmósfera.
- Reducir la llegada de la radiación solar al piletón.
- Prevenir la contaminación del medio con agentes contaminantes exteriores.
- Mantener una temperatura adecuada del ambiente para la reproducción.

La cobertura plástica transparente puede ser el nylon.

[17] Rogers, J. 2013.

Sujetos a las paredes laterales del piletón se colocan, por fuera, estructuras metálicas con el objetivo que den soporte a la cobertura de plástico transparente y así lograr el efecto invernadero. Dispuestos longitudinalmente se apoyan en el fondo del piletón caños plásticos perforados por los cuales se introducirán los gases de escape de la central térmica, para burbujear en el medio de cultivo.

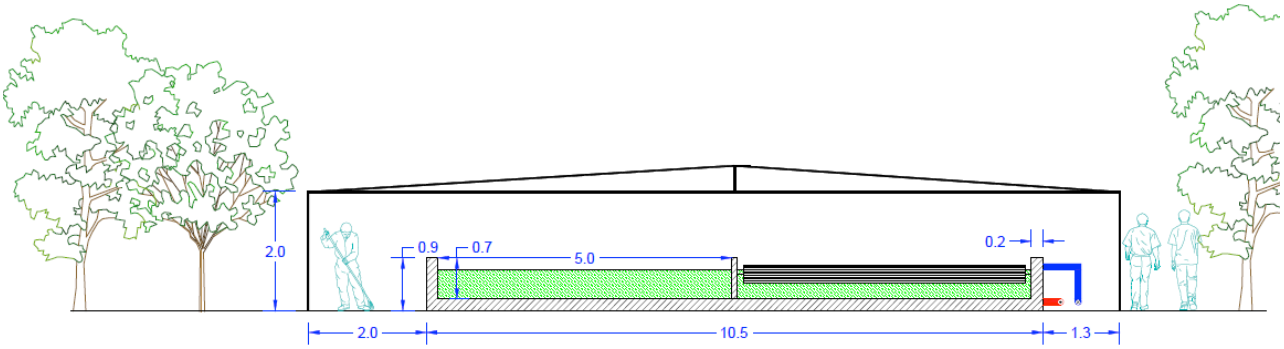
Se construirán cinco piletas, de forma tal que se trabaje cada día con una extracción de una de las piletas. Se ahondará acerca de las extracciones más adelante. Construir cinco piletas otorga varios beneficios; entre otras, se logra mitigar el riesgo en caso de que una de las piletas tenga que salir de la línea de producción por algún inconveniente y se puede trabajar cinco días en todo el proceso. Existe la posibilidad que el cultivo de una de las piletas se infecte (por ejemplo, con otra cepa de alga) y, consecuentemente, se deba vaciar la pileta, limpiar y volver a cultivar. Al estar divididas las piletas, y ocurrir la infección, no se compromete la totalidad del cultivo, sino solamente el de la pileta en cuestión.

Se decidió construir las piletas tomando el dimensionamiento acorde a la necesidad de spirulina en el décimo año del proyecto por cuestiones lógicas. Para dimensionarlas, se comenzó con la necesidad sobredimensionada de la cual se trató en el inciso de *Capacidad Objetivo*. Se procedió a tomar una productividad promedio de 0,5 gramos por litro de producto seco. Luego se calculó la cantidad de litros a extraer necesarios para la producción diaria del año 10, obteniéndose 180.000 litros por día aproximadamente. Como se explicará en el inciso de *Cultivo*, las extracciones deben ser de un 66% del volumen total para asegurarse una óptima reproducción del alga para la siguiente extracción. Entonces, cada pileta deberá tener una capacidad de 300.000 litros teniendo en cuenta la sobre dimensión.

Para obtener este volumen, cada pileta tendrá 10 metros de ancho, 50 metros de longitud y 0,75 metros de profundidad. Las piletas se construirán en el primer año del proyecto, y el volumen de cultivo crecerá acorde a la demanda estipulada para el respectivo año.

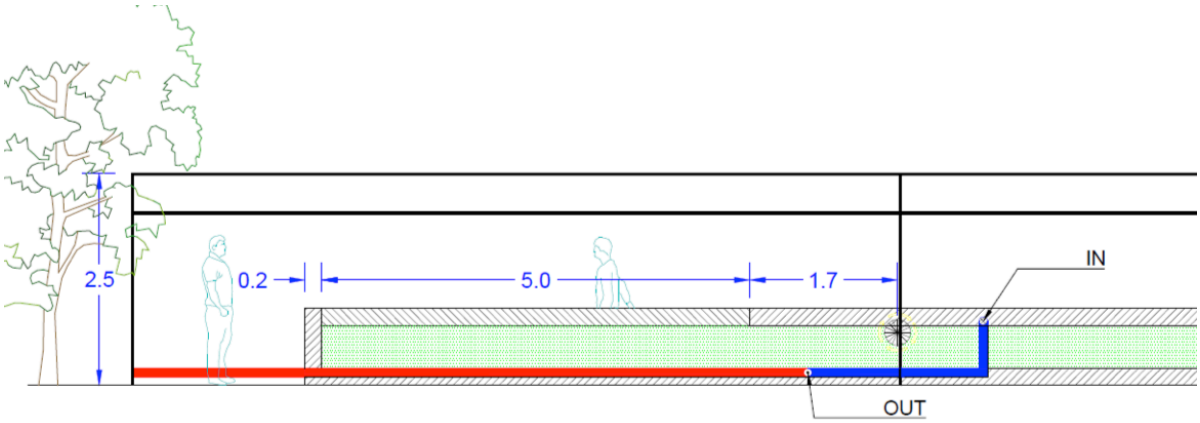
Como se había mencionado anteriormente, existe la posibilidad que una de las piletas tenga que ser quitada de la línea de producción temporalmente por cuestiones de mantenimiento o calidad. Gracias al sobredimensionamiento, es posible utilizar las cuatro piletas restantes para cubrir la producción objetivo semanal hasta normalizar la situación.

A continuación, se muestra el esquema de los piletones mencionados.



corte TRANSVERSAL

Diagrama 3.2: Esquema de los piletones corte transversal.



corte LONGITUDINAL

Diagrama 3.3: Esquema de los piletones corte longitudinal.

La temperatura del medio de cultivo es el factor climático de mayor importancia para la rapidez de crecimiento y la calidad de la spirulina. Por debajo de 20°C el crecimiento es prácticamente nulo. La temperatura óptima para el crecimiento es de 25°C. Encima de 38°C, la spirulina está en peligro. En la localidad de Pilar, Córdoba, las temperaturas promedio mínima y máxima son de 14°C y 25°C respectivamente, por lo que se ajustan bien a los requerimientos de las algas.

La iluminación es indispensable para el crecimiento de la spirulina (fotosíntesis), pero no se deben proporcionar 24 horas continuas por día. Además, la iluminación incidente (solar) se debe reducir hasta un 30% de su total para evitar la pérdida de algas por sobre exposición a la misma. La construcción del invernadero ayuda a este punto.

La iluminación y el calentamiento artificiales pueden ser utilizados para hacer crecer la spirulina. En este caso se utilizarán tubos de luz incandescentes halógenas que cumplirán la doble función de: iluminar para permitir el desarrollo del cultivo, por fotosíntesis durante la noche y, por otro lado, calentar el ambiente cerrado de las piletas para mantener una temperatura adecuada. Estos tubos estarán emplazados de forma transversal a la pileta y separados 5 metros uno del otro por lo que habrá un total de 10 tubos. De esta manera se posibilita el crecimiento del cultivo durante todo el año, asegurando condiciones de temperatura aproximadamente estables y así obteniendo un ritmo de crecimiento elevado.

La spirulina necesita de la presencia de ciertos nutrientes en el medio para crecer. No existe una única composición para su desarrollo, pero, a continuación, se muestran las concentraciones específicas (por litro de medio de cultivo) más convenientes para lograrlo:

Cada fertilizante cumple un rol diferente en la composición del medio de cultivo, como se muestra a continuación:

Fertilizante	g/l
Carbonato de Sodio	5
Bicarbonato de Sodio	1
Cloruro de Sodio	5
Nitrato de Potasio	2
Sulfato de Potasio	1
Urea	0,02
Fosfato monoamónico	0,1
Sulfato de Magnesio	0,2
Óxido de Calcio	0,02
Sulfato Ferroso	0,005

Tabla 3.4: Fertilizantes necesarios para

- Carbonato de sodio y bicarbonato de sodio: Se usan para mantener un pH alcalino (10,4 aproximadamente).
- Cloruro de sodio: Proporciona los iones sodio y cloro (ninguno de los dos indispensables).
- Nitrato de potasio: Provee de nitrógeno y de potasio (dos nutrientes esenciales).
- Sulfato de potasio: Provee de potasio libre de cloruro.
- Urea: Aporta nitrógeno en altas cantidades.
- Fosfato monoamónico: Suministra los elementos nitrógeno y fósforo en una forma utilizable por las plantas.
- Sulfato de Magnesio: el sulfato de magnesio se emplea como corrector de la deficiencia de magnesio en suelos y es un componente de la clorofila, necesitada por la mayoría de las plantas y algas verdes.
- Óxido de Calcio: Provee el Calcio necesario para el desarrollo del cultivo.
- Sulfato Ferroso: Aporta Hierro, fundamental para el crecimiento del cultivo.

Otro componente esencial para el desarrollo del cultivo es el dióxido de carbono (CO_2) ya que se utiliza este gas para producir azúcares y así proveer la energía que necesitan estos organismos para vivir. La absorción de CO_2 desde el aire al agua es muy baja, por lo que se decidió burbujear el gas (proveniente de la central) mediante un tubo ubicado en el fondo de la pileta, para aumentar la productividad. Para lograr un correcto desarrollo de la spirulina, se debe burbujear una concentración de gas de aproximadamente 1,85 g CO_2/g biomasa.

Dado que el CO_2 proviene de los gases de escape de una central térmica mucho mayor al invernadero, suponemos que su capacidad es ilimitada y por lo tanto va a ser burbujeado de manera constante. La manera de controlarlo es monitoreando el pH, ya que un exceso de CO_2 genera una disminución en el mismo por la acumulación de OH^-. En el caso de que el pH caiga por debajo del nivel necesario se debe interrumpir el flujo de CO_2 hasta que el mismo se restablezca.

Los componentes y las concentraciones detalladas previamente son necesarios para el inicio de un nuevo cultivo. Cuando se recupera el medio de las extracciones realizadas este ya posee la alcalinidad necesaria por lo que no sería necesaria la adición de carbonato y bicarbonato de sodio. Estos dos nutrientes no son absorbidos por la spirulina mientras que el resto de ellos sí. Por lo tanto, deben ser agregados nuevamente al medio recuperado. De esta manera, la concentración de fertilizantes para un cultivo recuperado es similar a la de un cultivo virgen, pero sin la adición de los componentes mencionados.

A continuación, se muestra la necesidad de nutrientes tanto para el cultivo inicial como para el cultivo de reposición (luego de la primera extracción):

Nutrientes	Cantidad inicial [kg]
Carbonato de sodio	350,72
Bicarbonato de sodio	70,14
Cloruro de sodio	350,72
Nitrato de potasio	140,29
Sulfato de potasio	70,14
Urea	1,40
Fosfato monoamonic	7,01
Sulfato de magnesio	14,03
Oxido de calcio	1,40
Sulfato ferroso	0,35

Tabla 3.5: Necesidad inicial de nutrientes por pileta.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nutrientes [kg]	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Carbonato de sodio	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7
Bicarbonato de sodio	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloruro de sodio	233,8	338,8	449,9	566,6	689,0	816,6	837,8	858,5	878,7	898,6
Nitrato de potasio	93,5	135,5	179,9	226,7	275,6	326,6	335,1	343,4	351,5	359,5
Sulfato de potasio	46,8	67,8	90,0	113,3	137,8	163,3	167,6	171,7	175,7	179,7
Urea	0,9	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6
Fosfato monoamonic	4,7	6,8	9,0	11,3	13,8	16,3	16,8	17,2	17,6	18,0
Sulfato de magnesio	9,4	13,6	18,0	22,7	27,6	32,7	33,5	34,3	35,1	35,9
Oxido de calcio	0,9	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6
Sulfato ferroso	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9

Tabla 3.6: Reposición semanal de nutrientes por pileta.

Es importante destacar las magnitudes de reposición de tres nutrientes: cloruro de sodio y nitrato y sulfato de potasio. Debido a esto, teniendo en cuenta las densidades específicas de cada uno, se incorporarán tanques para almacenar e incorporar estos nutrientes a la recirculación del medio de cultivo.

Por ejemplo, la densidad del cloruro de sodio es 2,16g/cm^3. Si se desea almacenar el consumo semanal, al décimo año se requieren alrededor de cinco toneladas. Para ello se requiere un tanque de 2,5 m^3. En el caso de nitrato y sulfato de potasio, se requieren tanques de 1 y 0,4 m^3, respectivamente.

Se debe escoger una cepa de spirulina con pocos o ningún filamento recto, al menos 50% espiralada. Para obtenerla se decidió recurrir al laboratorio de la universidad de Texas de Estados Unidos, quienes tienen la colección de especies de algas más grande del mundo. Desde la página web de la institución se pueden comprar muestras de las distintas especies con envíos a todo el mundo. El costo de una muestra de *Spirulina Platensis* desde esta página es de U$D 120 más los costos de importación y envió[18]. De ahí se hará un cultivo a pequeña escala hasta que el volumen sea el suficiente para trasladarlo a uno de los piletones.

La cosecha comprende esencialmente la etapa de extracción y las sucesivas etapas de filtrado y lavado donde se obtiene la biomasa seca a partir de una concentración de 0,5 g/litro de cultivo. Las extracciones se harán una por pileta por día, de forma tal que cada pileta tendrá una extracción semanal. De esta manera la planta realizará extracciones todos los días, alternando de piletón. Cada extracción será de dos tercios del volumen del piletón, para así asegurar que las micro algas se reproduzcan para nuevamente tener el volumen original al cabo de una semana.

[18] http://utex.org/collections/living-algal-strains/products/utex-lb-2340

3.3.2 Pre-Filtración

Objetivo: Una primera etapa que busca remover el de medio de cultivo en exceso.

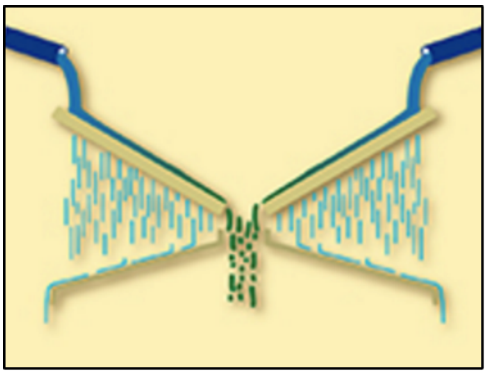


Imagen 3.2: Esquema de pre-filtración.

Desde los piletones, unas bombas enviarán el agua rica en spirulina a la planta de recolección en donde comienza la etapa de pre-filtrado por medio de unas placas de acero inoxidable dispuestas de manera tangencial tal que la pasta de algas queda en la parte superior y el medio de cultivo atraviesa las placas. Este medio de cultivo sobrante es rico en nutrientes y es redirigido hacia los piletones de cultivo para generar un ahorro en costos. La función del pre filtrado es realizar una primera extracción del medio de cultivo y evitar utilizar un exceso de energía eléctrica en la etapa de filtrado.

Debido a su facilidad constructiva el mismo puede ser confeccionado utilizando dos finas mallas metálica dispuestas de manera diagonal con un marco de acero. En la parte inferior se pueden disponer de dos canaletas que conducirán el medio de cultivo a un tanque y luego a una bomba que presurizará el mismo para re enviarlo al tanque de cultivo, tal como se muestra en el diagrama de proceso. La firma argentina Sueiro fabrica mallas para maquinaria de filtrado de todos los tipos y podría proveer la misma. Se estima que se requiere una malla de alrededor de 30 micras para realizar esta etapa.

Para dimensionar la capacidad se debe primero tener como dato el volumen de algas que entran en esta etapa. Este valor es de 180.000 litros diarios en el décimo año. Teniendo en cuenta que estos pre filtros, según estimaciones obtenidas de un informe consultado[19], eliminan el 98% del volumen de mezcla, entonces sobre las mallas metálicas debe obtenerse un volumen de pasta de algas de (1-0,98) x 180.000 litros = 3.600 litros aproximadamente.

[19] Rogers “et al”, 2013.

Se utilizarán placas de pre filtro de 6 metros por 3 metros. Teniendo en cuenta un espesor de 2 cm de micro alga, cada placa atrapa un volumen de 360 litros. Se estima que el tiempo por pasada en la pre filtración es de máximo una hora como escenario pesimista. De este modo, la capacidad de cada par de pre filtros es de 360 litros por hora. Durante los diez años de duración del proyecto, se utilizarán dos placas de este volumen que son capaces de lidiar con la necesidad de pre filtrado total.

3.3.3 Filtración

Objetivo: Segunda etapa de remoción del medio de cultivo de las micro algas.

A continuación del pre filtrado, se encuentra el proceso del filtrado propiamente dicho. Para lograr extraer el medio de cultivo de forma completa del sistema se pueden utilizar distintas alternativas.

Una primera opción sería utilizar un tamiz o criba ciega, el cual es un filtro estático. El problema principal de este método es que las algas forman un gel el cual genera una coalescencia entre las mismas de forma que no permiten el pasaje de líquidos. Para evitar ello, las algas deben ser agitadas durante la filtración para romper la adherencia del gel y permitir que el medio de cultivo se escurra entre las mismas. En el caso de una criba ciega, esto podría lograrse mediante un operario que mueva las mismas con un rastrillo, pero igualmente el filtrado no sería óptimo.

La segunda opción es utilizar una secadora tipo centrífuga, las cuales son muy comunes en la industria y realizarían un filtrado veloz. Pero, debido a la formación del gel, las mismas deberían ser abiertas para mover las algas y evitar la adherencia de las mismas contra la pared del tambor rotante.

La tercera posibilidad es utilizar un equipamiento usual en la industria farmacéutica que es el filtro oscilante. El mismo consta de un volumen que contiene una membrana filtrante el cual se hace vibrar por medio de un sistema excéntrico. La vibración logra evitar que se forme el gel y el medio alcalino pueda drenarse a través de la membrana. La desventaja es que este equipamiento debe ser encargado a pedido y no hay actualmente fabricantes en el país. La tabla a continuación resume las tres alternativas:

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Criba ciega	Bajo costo	Filtrado poco eficiente. Requiere mover las algas constantemente
Secado Centrifugo	Velocidad de Extracción	Poco práctico. Debe abrirse la misma repetidas veces para evitar la formación del gel
Tamiz Oscilante	Filtrado muy eficiente	Costo. Debe ser importado.

Tabla 3.7: Comparación de tecnologías.

Teniendo en cuenta las alternativas, se decidió utilizar un tamiz oscilante. Es el mismo que se utiliza en la industria farmacéutica. Si bien debe encargarse a proveedores extranjeros, se entiende que eliminar el medio alcalino de la pasta de algas de forma eficiente es fundamental para garantizar la calidad del suplemento alimenticio, el cual estará regulado por las autoridades sanitarias. A su vez, el medio de cultivo recuperado se traducirá en un ahorro de costos para las operaciones de la planta.

Sweco, un importante fabricante de este tipo de maquinaria, cuenta con un modelo que puede ser apto para los requerimientos. Si se quisiese filtrar todo lo que procede del pre filtrado de una pasada, el equipo debería poder captar un volumen de 3.733lts. Sin embargo, es más conveniente optar por hacer el proceso discontinuo. El modelo MX72 de la firma Sweco, tiene una capacidad de 650 litros por pasada, teniendo cada pasada una duración de tres horas.

Imagen 3.3: Evolución de producción.

Del total del volumen introducido en el filtro vibratorio, un 85% es extraído[20] y el resto continúa. Debido a que la velocidad de separación depende directamente de la materia que se esté intentando separar, los fabricantes de estos equipos no aportan un volumen de filtración por hora, con lo cual no se tiene una estimación del tiempo de este proceso.

Para cumplir con la producción diaria en menos de un turno laboral, se debe contar con 2 equipos para los primeros cinco años y 3 para los cinco siguientes.

3.3.4 Lavado

Objetivo: Remoción completa del medio de cultivo alcalino para evitar contacto con producto.

Para asegurar que la pasta de algas está completamente libre del medio de cultivo, el cual es altamente alcalino, se debe realizar un lavado de las mismas por medio de un sistema de aspersores que liberan una capa de agua muy fina. Esta etapa se realiza tres veces para garantizar una limpieza adecuada de las mismas, es decir que las algas atraviesan tres juegos de aspersores.

Las algas son descargadas a una cinta transportadora hecha de un material poroso que permite pasar el agua pero que mantengan la pasta de algas sobre la cinta. Un esquema básico de la forma que debe tener este sistema puede verse en la siguiente página.

Nuevamente este equipamiento deberá ser diseñado para la ocasión. Para dimensionar esta cinta transportadora se puede establecer arbitrariamente que el volumen de algas debe ser transportado en 2 vueltas de la cinta transportadora. El volumen de algas es de 560 litros a la entrada de este proceso tomando las necesidades de dimensionamiento para el décimo año. Este volumen es equivalente a 0,56 m^3. Tomando al igual que en la etapa de pre filtrado una altura de la pasta de algas de 2 cm, se requieren 28 m^2 de cinta totales. Utilizando la estimación de 4 lados de cinta cubiertos, se requiere un área por cada lado de la cinta transportadora de 7 m^2 lo cual puede lograrse con una cinta de 1,5 metros por 4,8 metros.

Un potencial proveedor de aspersores es la marca Spraying Systems Co. y seleccionando un aspersor de baja presión y chorro plano elegimos el modelo con 7psi de presión y 60° de ángulo del chorro con un caudal de 0,51 galones por minuto. Teniendo en cuenta el ángulo y el ancho de la cinta transportadora y colocando dos aspersores por cada 1,3 metros, se obtiene que para cubrir la totalidad de la cinta los aspersores deben estar a una altura de 65 cm ($0{,}375\ m \div tan\ 30\ = 0{,}65$) lo cual si se

[20] Rogers "et al", 2013.

desea un margen de seguridad aumentamos a 1m por sobre la altura de la cinta. Con lo cual, se utilizarán 6 aspersores ubicados de a pares equidistantes y a una altura de 1 metro cada uno.

Por una razón de simplicidad de los cálculos se puede asumir que la densidad de la pasta no es afectada por el proceso de lavado y se mantiene constante en el valor de salida del filtro oscilante.

La malla para la cinta transportadora puede ser provista por proveedores locales de membrana como Sueiro. Un valor aceptable para la micrometría de la malla es 20 micras, valor común en la industria. Al final de la cinta se coloca un envase de plástico el cual está conectado por medio de una cañería y un sistema de bombeo a la siguiente etapa de secado.

Con estos requerimientos se planea contactar a un proveedor de este tipo de maquinaria, muy usual en la industria. El resto del diseño de la cinta transportadora (potencia del motor, diámetro de tuberías, materiales de los componentes) será dejado a cargo del fabricante dado que no afecta sensiblemente el proceso productivo.

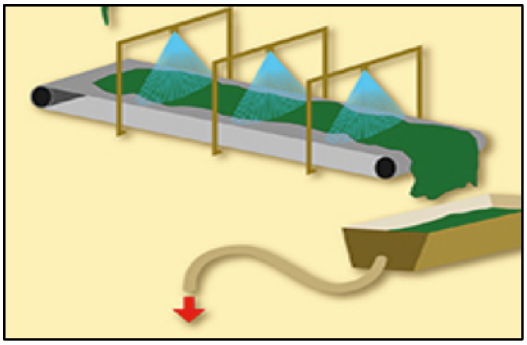


Imagen 3.4: Esquema de lavado.

3.3.5 Secado

Objetivo: Obtener spirulina completamente seca.

La selección del método de secado dependerá de la especie del alga, del uso final del producto seco y la escala de producción. Además, la diferencia entre estos métodos es el grado de inversión y el requerimiento de energía. Los métodos que están disponibles para el secado de algas se mencionan a continuación:

Tipo de secado	Ventajas	Desventajas	Alga	Observaciones
Por tambor	Rápido y eficiente	Costoso	Toda alga excepto Spirulina	Ruptura de las paredes celulares. Esteriliza el producto. No es aceptable para Spirulina.
Por pulverización	Rápido y eficiente	Costoso	Toda alga	Esteriliza el producto. Excelente calidad. La rotura de las paredes celulares no siempre se garantiza.
Por sol	Sin costo	Proceso lento y depende del tiempo	Toda alga	Puede fermentar la biomasa. Poco control. Esterilización no es posible. No rompe las paredes celulares.
Por flujo cruzado	Más rápido que el secado solar y barato que el secado por tambor	Requiere electricidad	Toda alga	No rompe las paredes celulares. Esterilización no es posible.
Por vacío	Proceso suave	Costoso	Toda alga	No rompe las paredes celulares. Esterilización no es posible. Preserva componentes celulares.
Por frío	Proceso suave	Proceso lento, costoso	Toda alga	No rompe las paredes celulares. Esterilización no es posible. Preserva componentes celulares.

Tabla 3.8: Comparación de tecnologías de secado.

Por las ventajas y observaciones dadas el tipo de secado será por pulverización. Es el mismo que utiliza la industria láctea para fabricar la leche en polvo.

La pasta de spirulina se pulveriza o se rocía con una corriente de aire caliente para obtener una lluvia de gotas finas. El agua se vaporiza de dichas gotas con rapidez, obteniéndose partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas. El flujo de gas y de líquido de la cámara de pulverización puede ser a contracorriente, paralelo o una combinación de ambas.

Las gotas finas se forman al introducir el líquido o suspensión en toberas de pulverización o discos giratorios de rociado de alta velocidad, (15.000 a 24.000 rpm) en el interior de una cámara cilíndrica. Los discos giratorios son los más empleados en los procesos biotecnológicos debido a que presentan menos problemas de taponamiento y ofrecen la posibilidad de controlar el tamaño de la gota variando su velocidad. Es necesario asegurarse de que las gotas o partículas húmedas del sólido no choquen ni se adhieran a las superficies sólidas antes de que hayan secado. Por consiguiente, es necesario emplear cámaras grandes. Los sólidos secos salen por el fondo de la cámara a través de un transportador de tornillo. Los gases de escape fluyen hacia un separador de ciclón para filtrar las partículas muy finas.

Este tipo de secado permite crear una superficie de intercambio muy importante entre el producto pulverizado y el medio gaseoso circundante. Por lo tanto, se llevan a cabo transferencias de calor y materia muy rápidas, lo cual permite limitar los tiempos de residencia del producto a secar.

- Temperatura de aire de secado 180-200°C
- Temperatura de salida aire húmedo 90-95°C
- Presión: 4-8 bares

Las capacidades de estos secadores son muy variadas. Varían de 1 Kg/h hasta 2 Ton/h de agua, con dimensiones típicas de 2 x 2 x 3,5 m para modelos pequeños y de 10 x 5 x 12 metros para los modelos intermedios. En esta etapa es necesario contar con una entrada de cerca de 579 litros diarios (ver diagrama de proceso).

Teniendo como valor de entrada una densidad de 166 gramos por litro[21], la capacidad necesaria de secado puede calcularse. Tomando la densidad en cuenta, se deben secar 579 litros diarios para obtener 96 kilogramos durante el décimo año. Esa es la capacidad que se necesita en el secador.

Teniendo en cuenta las posibilidades de los secadores spray de la marca Galaxie, se optó por el modelo 2520 ya que tiene una capacidad de evaporación de 156 litros por hora. No se opta por un modelo de mayor capacidad dada la magnitud de inversión que requiere el equipo, que es sumamente costoso.

Imagen 3.5: Modelo de secadora.

3.3.6 Encapsulado

Objetivo: Envasar la spirulina en cápsulas para su comercialización.

Tal como se mencionó anteriormente la spirulina será vendida en cápsulas transparentes de gelatina blanda para lo cual se debe colocar la spirulina en polvo en las dichas cápsulas. Para la etapa de encapsulado se decidió optar por una máquina automática del proveedor peruano Encapsulando SAC, quien entre sus distintos

[21] Rogers, J.; “et al”, 2013.

modelos posee la encapsuladora NJP800 que puede realizar 48.000 cápsulas por hora[22].

Debido a que las cápsulas necesarias no se fabrican en el país, deben ser pedidas a un proveedor internacional. Un posible proveedor es Capsule Depot Inc. de Canadá.

Dado que hay diversos tamaños de cápsulas se debe calcular cual es la que corresponde para el peso deseado. Teniendo que la densidad de la spirulina es del orden de 0.47g/ml[23] y los distintos volúmenes de cápsulas[24], se obtiene que la cápsula 0E# contiene una cantidad de 434mg por cápsula lo cual se aproxima lo suficiente a los deseados 500mg. El costo de estas cápsulas es de U$D 956 las 100.000 pastillas[25], sin tener en cuenta los costos de envió y nacionalización.

Imagen 3.6: Modelo de encapsuladora.

3.3.7 Dosificado

Objetivo: Dosificación de las cápsulas de modo de llenar los frascos con la cantidad adecuada.

Para esta etapa, se debe contar con una máquina que cuente las cápsulas y las libere cuando se llegue al número deseado (que en nuestro caso será de 60 por envase). Nuevamente como proveedor de este equipamiento se eligió a la marca peruana Encapsulando quienes cuentan entre sus modelos el equipo CT100SP capaz de realizar

[22] https://www.encapsulando.com/automaticas/146-encapsuladora-automatica-njp400.html

[23] http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/seaweed-coma-and-blank-spirulina-coma-and-blank-dried

[24] http://www.capsuledepot.com/capsule-size-information/

[25] http://www.capsuledepot.com/size-0e-clear-gelatin-capsules/

dosificaciones de hasta 26 frascos por minuto (lo cual en este caso sería una productividad de 40kg/hrs).

Por la parte superior se vuelcan las cápsulas que, a medida que la máquina rota, van quedando atrapadas en una matriz plástica. Cuando la rotación se completa las cápsulas caen dentro de un embudo, el operario aprieta una palanca y el embudo libera las cápsulas que caen dentro del frasco. Luego de completar una tanda de frascos el operario debe colocar la tapa a los mismos, los cuales en este punto se encuentran listos para ser despachados.

Imagen 3.7: Modelo de dosificadora.

3.3.8 Resumen de dimensionamiento

PRIMEROS CINCO AÑOS					
			DIA		
Proceso	Productividad	Cantidad de equipos	ENT	SAL	Horas diarias
CULTIVO		5		155.014 lts	
PRE FILTRADO	360 lts/hr	2	155.014 lts	3.100 lts	4,3
FILTRADO	217 lts/hr	2	3.100 lts	465 lts	7,2
LAVADO			465 lts	465 lts	
SECADO	25.896 grm/hr	1	465 lts	77 kgs	3,0
STOCK					
ENCAPSULADO	48.000 caps/hr	1		77 kgs	3,7
CONTADORA	40,6 kg/hr	1		**77 kgs**	1,9

SEGUNDOS CINCO AÑOS			DIA		
Proceso	Productividad	Cantidad de equipos	ENT	SAL	Horas diarias
CULTIVO		5		200.000 lts	
PRE FILTRADO	360 lts/hr	2	200.000 lts	4.000 lts	5,6
FILTRADO	217 lts/hr	3	4.000 lts	607 lts	6,2
LAVADO			607 lts	607 lts	
SECADO	25.896 grm/hr	1	607 lts	101 kgs	3,9
STOCK					
ENCAPSULADO	48.000 caps/hr	1		101 kgs	4,8
CONTADORA	40,6 kg/hr	1		**101 kgs**	2,5

Tablas 3.9 y 3.10: Dimensionamiento de cada proceso.

Respecto al tiempo disponible anual para producción, se entiende que los días de operación de planta serán 240 (48 semanas de cinco días). Considerando dos semanas de vacaciones para todos los empleados de la planta, feriados y demás, se estima que habrá 48 semanas laborables por año. Teniendo en cuenta esto, se dimensionó la necesidad de equipos.

3.4 Lay Out

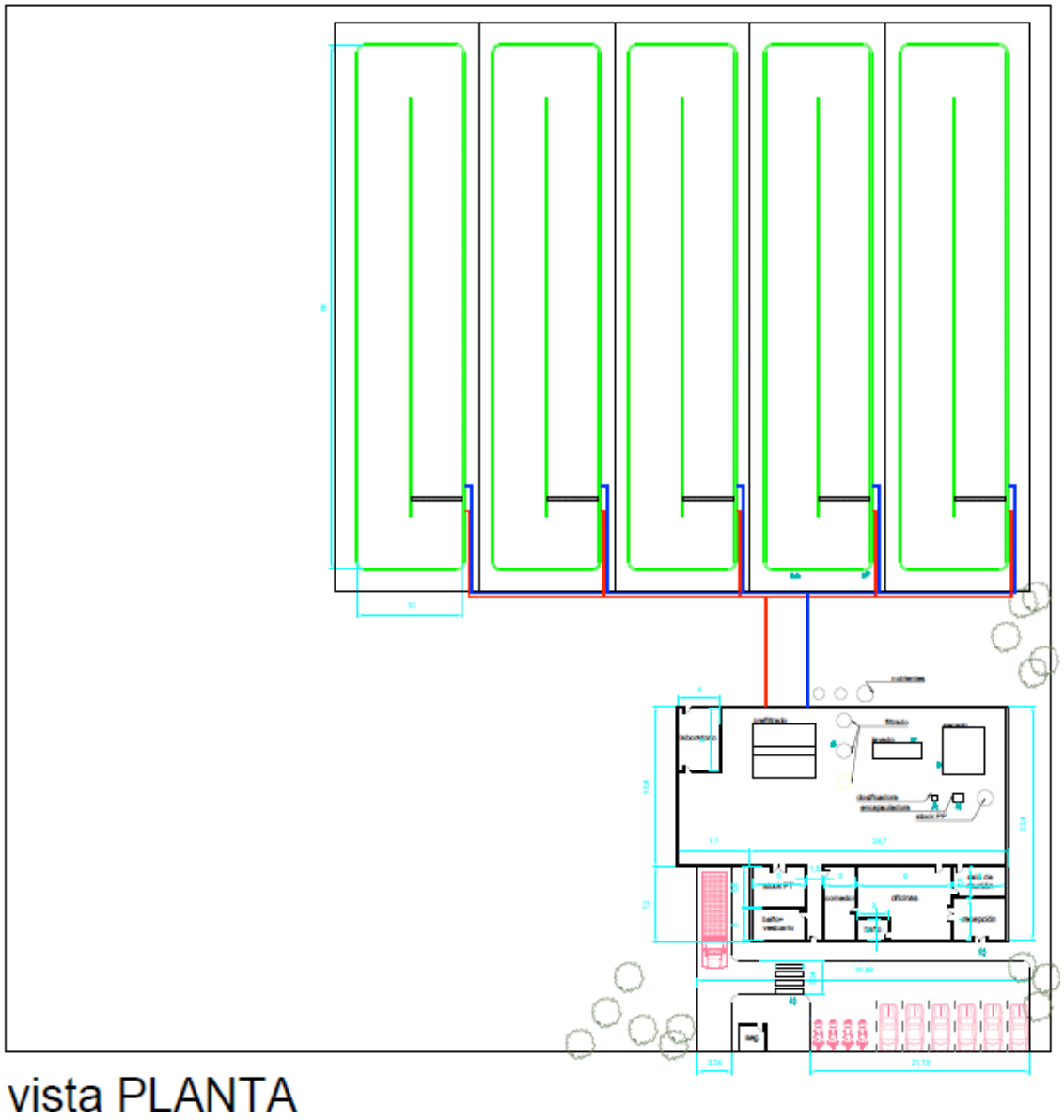


Imagen 3.8: Layout del terreno completo.

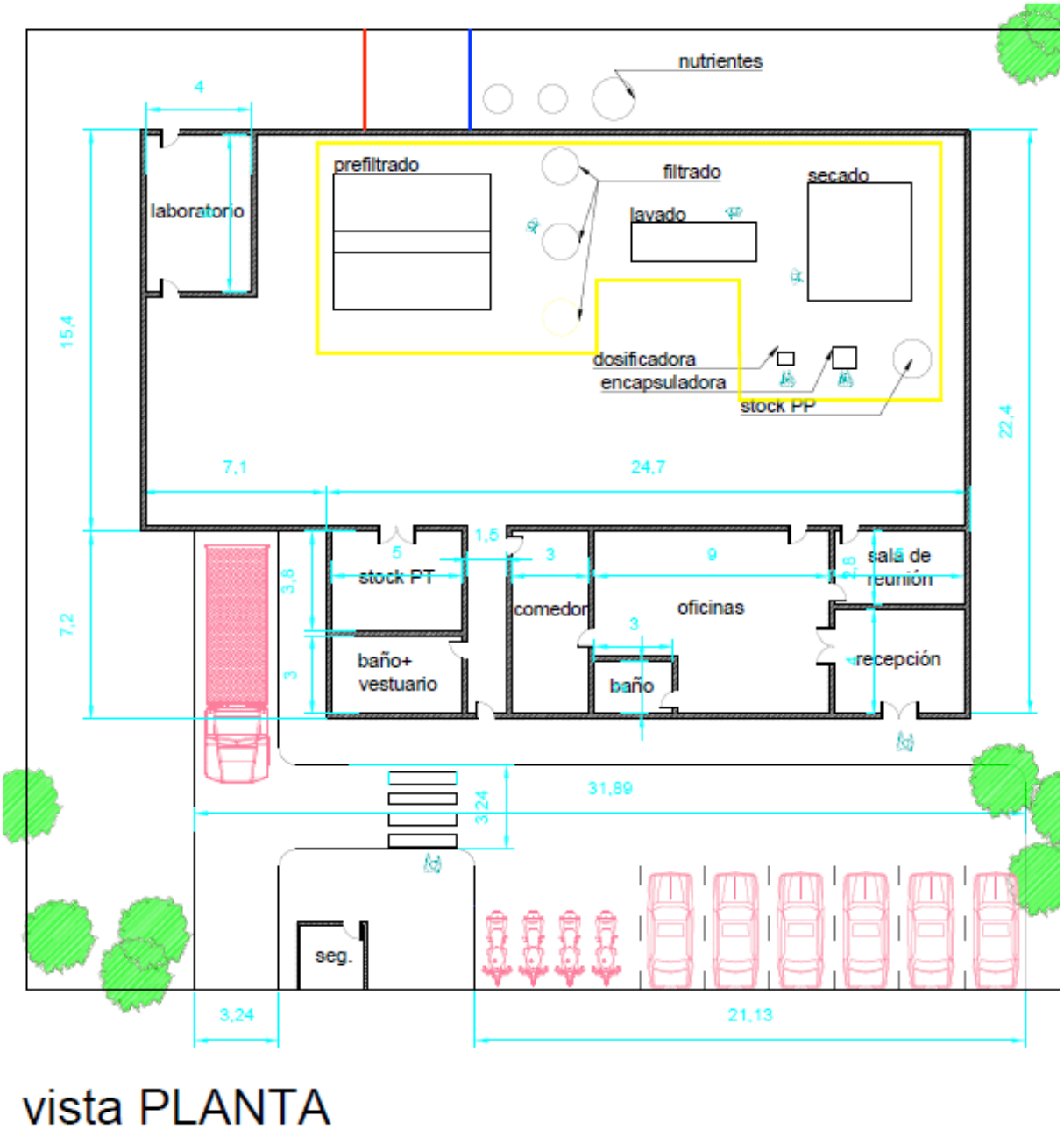


Imagen 3.9: Layout de la planta.

3.5 Resumen Tecnología

Para presentar una síntesis el contenido del capítulo, se presenta el siguiente cuadro con las tecnologías a utilizar para cada proceso, con sus características principales.

Etapa	Proceso	Tecnologías	Costo unitario [U$D]	Capacidad máxima	Cantidad	Utilización al año 10	Costo total [U$D]	Dimensiones [m]	Personal en planta
1	Cultivo	Piletones de cultivo	27.406	300.000 litros	5	90%	137.030	50 x 10 x 0,7	1
2	Pre-filtrado	Mallas metálicas	200	360 litros/hora	2	62%	400	5 x 6 x 2	1
3	Filtrado	Tamiz oscilante	16.500	650 litros/pasada	2 (3)	69%	33.000 (49.500)	1,1 x 1,6 x 1,6	
4	Lavado	Cinta	2.500		1		2.500	1,5 x 4,8	1
		Aspersores	50		6		300		
5	Secado	Por pulverización	162.000	156 litros/hora	1	43%	162.000	4 x 4,5 x 6,5	1
6	Stock intermedio		200		1		200		
8	Encapsuladora	Encapsuladora automática	22.000	8.000 cápsulas/hora	1	54%	22.000	0,93 x 0,79 x 1,93	1
9	Dosificadora	Contadora	1.590	26 frascos/minuto	1	28%	1.590	0,6 x 0,5 x 0,7	1

3.6 Mano de obra

Se evaluaron los requerimientos de los equipos y de actividades generales de la planta para detallar los requerimientos de mano de obra. En la siguiente tabla se muestran los mismos.

	Cantidad	Tarea
Planta	1	Encargado de cultivo
	1	Encargado de prefiltrado y filtrado
	1	Encargado de lavado
	1	Encargado de secado
	1	Encargado de encapsuladora
	1	Encargado de contadora
	1	Gerente de planta
	1	Gerente de calidad
Oficina	1	Administración e insumos
	1	Comercial

Tabla 3.11: Layout de planta.

El encargado de cultivo accionará la bomba para efectuar la extracción diaria y añadirá los insumos pautados a las piletas, siguiendo las órdenes del gerente de calidad respecto a cualquier alteración en las cantidades de insumos. El gerente de calidad deberá ser un biólogo que tome muestras de las piletas y pueda efectuar las necesarias alteraciones en cantidades de insumos químicos para las mismas y evaluar la calidad del producto a través del proceso productivo.

El encargado de pre filtrado y filtrado quitará la pasta de spirulina de los pre-filtros y la verterá en los filtros oscilantes. Dada la poca carga horaria de ambas estaciones y la limitada interacción humana necesaria, una sola persona puede encargarse de ambas tareas.

El encargado de secado accionará la correspondiente máquina. Al tener tan poca carga horaria, este operario deberá ser polivalente para poder colaborar en otra estación si así se lo requiriera.

El encargado de la encapsuladora tendrá únicamente esta tarea ya que, al décimo año de proyecto, la encapsuladora trabajaría 8 horas diarias.

El encargado de la contadora también se encargaría de poner los envases en cajas para ser almacenadas y transportadas.

La persona encargada de la parte comercial se dedicaría exclusivamente a ventas, mientras que la persona encargada de administración se abocaría a las compras. Asimismo, esta persona debe coordinar con los servicios tercerizados. Estos son: seguridad, asesoría legal y manejo de recursos humanos (incluyendo tareas contables). El responsable general de la fábrica es el encargado de planta.

3.7 Estrategia de mantenimiento

La estrategia de mantenimiento que se adoptará ser preventiva. El objetivo de esta es minimizar el número de paradas imprevistas, intentando garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria y finalmente, poder asegurar el nivel de calidad del producto. El mantenimiento adquiere una gran relevancia ya que la calidad es el pilar de la estrategia de diferenciación.

Se realizará mantenimiento a todos los equipos con el fin de minimizar la cantidad de paradas imprevistas. Dado que la planta trabajará solamente un turno de ocho horas, cinco días por semana, existen muchos momentos para hacer el mantenimiento de maquinaria. Consecuentemente, el mantenimiento se hará fuera del horario laboral, ya sea en turno tarde/noche o los sábados.

Algunas maquinarias deben ser repuestas cada cierta cantidad de años, como ser las mallas metálicas del pre filtrado. Otros equipos como la secadora spray y la encapsuladora tienen una vida útil que sobrepasa la estipulada para este proyecto; sin embargo, se hará mantenimiento preventivo para minimizar las paradas no deseadas. La membrana de PVC que recubren las piletas tienen una vida útil de 20 años (según el National Institute of Oceanography de India), por lo que no debieran ser repuestas en la duración del proyecto. Si llegara a haber algún corte o rasgadura, se puede emparchar la membrana aplicándole una nueva capa por encima y soldado ambas con calor.

Vale destacar el caso del nylon que cubre las piletas. Este nylon probablemente necesite ser repuesto todos los años por condiciones climáticas.

3.8 Suministro de dióxido de carbono

Dada la importancia del gas en el crecimiento del cultivo, es importante hacer un detallado análisis del suministro proveniente de la central térmica Arturo Zanichelli.

Se puede conocer la necesidad de dióxido de carbono semanal que requiere el cultivo teniendo en cuenta una proporción de 1,85 gramos de CO_2 por gramo de spirulina. De este modo, el requerimiento semanal del gas se muestra a continuación en la tabla 3.12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EXTRACCIONES PRODUCTO [lt]	46762	67764	89971	113328	137791	163323	167552	171690	175746	179730
Demanda CO2 Semanal [kg]	216	313	416	524	637	755	775	794	813	831

Tabla 3.12: Necesidad semanal de dióxido de carbono a través de los años.

Por otra parte, uno de los grandes factores decisivos en la localización de la planta, fue la cercanía a una central térmica. En este caso, la central funciona con turbinas de gas y otra de vapor, utilizando como combustibles el gas natural y el gasoil. Tiene una potencia instalada de 216 MW.

De acuerdo al combustible utilizado, varía la proporción del dióxido de carbono en los gases de combustión. En el caso del gas natural, este valor se encuentra entre el 8-12% mientras que en el del gasoil, 12.5-14%[26]. Como se desconoce la proporción en que se utiliza uno u otro combustible, se plantea el peor escenario en cuanto a porcentaje de dióxido de carbono en los gases de combustión, que es el caso en que se utiliza gas natural. Dada su potencia y el combustible, la central térmica genera 82 toneladas de dióxido de carbono por hora. De este modo, la demanda semanal en el décimo año del proyecto quedaría satisfecha con la captura de las emisiones de la central por un período de 6 minutos.

Al mismo tiempo, es recomendable la instalación de un tanque presurizado de almacenamiento de los gases de combustión en caso de que haya interrupciones o fallas en el funcionamiento de la central. En condiciones atmosféricas normales, se requerirían de 740 m^3 de gases de combustión para suplir una demanda semanal.

[26] http://www.academiatesto.com.ar/cms/constituyentes-de-los-gases-de-combustion

4. Estudio Económico - Financiero

Luego de un análisis completo de ingeniería, se realizó un estudio para analizar su rentabilidad económica y financiera. Se tuvieron en cuenta todos los costos necesarios para el armado de la planta analizada en el estudio de ingeniería y posteriormente, se elaboró un cuadro de resultados y un flujo de fondos con los resultados esperados. Para el análisis se tomó un horizonte temporal a 10 años, y para evitar consideraciones especiales por inflación de la moneda nacional, se calcularon todos los valores en dólares, tomando un tipo de cambio constante de 14 $ a 1 U$D.

4.1 Inversiones

El primer paso fue valuar las inversiones necesarias para poner en marcha el proyecto. En las siguientes tablas podemos ver el valor de las inversiones, compuesta por activos fijos, maquinaria, amueblamiento y costos administrativos, legales y de instalación. Se propone que toda la inversión se realice en el año 0 del proyecto. Debido a la vida útil de parte de la maquinaria, existe una reinversión en el año 5. Las inversiones, entonces son de la siguiente manera:

	INVERSIÓN		AMORTIZACIÓN		
RUBRO	US$	%	PERIODOS	VALOR RESIDUAL	AMORT. ANNUAL
Terreno	$ 10.000	1%		$ 10.000	$ -
Obra civil	$ 961.730	68%	30	0	$ 32.058
Maquinaria, Insumos	$ 246.677	18%	5	0	$ 49.335
Amoblamiento	$ 5.000	0%	5	0	$ 1.000
Cargos diferidos	$ 2.000	0%			
Imprevistos (15%)	$ 182.311	13%			
TOTAL	$ 1.407.718				$ 82.393
Re-Inversion año 5	$ 16.900				

Tabla 4.1: Inversión y amortización

Podemos ver que el grueso de la inversión se agrupa bajo la obra civil y la maquinaria. Bajo “imprevistos” se incluyen los diversos sensores que serán necesarios para monitorear los procesos, herramientas varias, las cañerías para trasladar el dióxido de carbono para el cultivo, indumentaria para los empleados y otros ítems de valores relativamente bajos que no justifican ser identificados por separado. Los gastos

diferidos hacen referencia a la constitución de la empresa. A continuación, se muestran los costos de la obra civil:

ACTIVOS (obra civil)	m²	US$/m²		US$	%
Fábrica	466	1000	$	466.000	48%
Oficinas	202	1400	$	282.800	29%
Estacionamiento	253	300	$	75.900	8%
Piletones	2500	55	$	137.030	14%
TOTAL			**$**	**961.730**	**100%**

Tabla 4.2: Detalle costos de obra civil

La obra civil se constituye de la construcción principal, es decir, la fábrica y las oficinas con su debido estacionamiento, y por otra parte, los piletones (ver detalle de layout en capítulo 3.4 de ingeniería).

MAQUINARIA e INSUMOS	Año 0	Año 5
Mallas metálicas	$ 400	$ 400
Tamiz oscilante	$ 33.000	$ 16.500
Cinta y aspersores	$ 2.800	
Secadora	$ 162.000	
Encapsuladora	$ 22.000	
Contadora	$ 1.590	
Nutrientes	$ 949	
Bombas de agua	$ 3.000	
TOTAL	**$ 225.739**	**$ 16.900**

Tabla 4.3: Detalle maquinaria e insumos

Los costos mostrados en la tabla anterior representan costos totales y no unitarios. Como parte de la maquinaría es fabricada en el exterior, se consideraron dentro de su inversión los costos necesarios de nacionalización los cuales son de alrededor del 37%. El total de gastos en concepto de nacionalización de maquinaria es de U$D 20.938.

4.2 Gastos Operativos

Los gastos operativos se dividen en dos grandes partes. Por un lado, se encuentran los gastos fijos, compuestos del costo de la mano de obra indirecta, amortizaciones, servicios varios tercerizados, la parte fija del costo de la energía, y por último,

mantenimiento cotidiano de las instalaciones. En segundo lugar, tenemos los gastos variables. Se detallan a continuación:

GASTOS FIJOS	US$	%
MOI	$ 38.959	15%
Amortizaciones	$ 82.393	31%
Servicios	$ 45.000	17%
Energia Fija	$ 2.022	1%
Mantenimiento Instalaciones	$ 96.173	36%
TOTAL	**$ 264.547**	**100%**

Tabla 4.6: Costos fijos

La mano de obra indirecta se refiere a todos los sueldos que no estén involucrados con la producción de manera directa, como ser los empleados de administración en general, que no pueden ser atribuidos directamente al costo de fabricación. En la categoría "Servicios" se consideran la seguridad, limpieza, servicios contables y asesoría legal. Este último será necesario mayormente en los primeros meses para obtener las habilitaciones y realizar todas las inscripciones necesarias.

MOI	
Administrativos	
Cantidad	3
Salario	2000
Costo anual salario	$ 24.000
Cargas sociales + Contribuciones	$ 14.959
TOTAL	**$ 38.959**

Tabla 4.7: Detalle mano de obra indirecta.

SERVICIOS	
Seguridad	$ 15.000
Limpieza	$ 10.000
Contaduría	$ 10.000
Asesoramiento legal	$ 10.000
TOTAL	**$ 45.000**

Tabla 4.8: Detalle servicios

Por el otro lado, a diferencia de los gastos fijos, contamos con una serie de gastos variables que están directamente relacionados con el output de la planta. Asimismo, dentro de los gastos variables, existe una subdivisión entre aquellos gastos que

pueden adjudicarse estrictamente al output y otro gasto bruto (también llamado semi - variable). Estos gastos variables quedan definidos de la siguiente manera.

Gastos Variables	Costo Unitario (USD)
Energía Variable	0,0016
Nutrientes	0,7352
Frasco (100cc)	1,50
TOTAL por frasco	**2,24**
MOD	292194
Mantenimmiento Maquinaria	45148
TOTAL bruto	**337342**

Tabla 4.9: Gastos variables de fabricación

En "Energía Variable" se considera el gasto de energía eléctrica que corresponde a los procesos productivos. Le sigue la categoría "Nutrientes" que considera los insumos para el desarrollo de las algas (el cálculo en detalle de este aspecto se encuentra en el capítulo 4.2.2 a continuación). La mano de obra directa se refiere exclusivamente a los operarios de planta, una descripción de los puestos y salarios puede verse a

MOD	
Operarios	
Cantidad	6
Salario	$ 1.000
Costo anual salario	$ 12.000
Cargas sociales + Contribuciones	$ 7.480
Subtotal 1	**$ 116.878**
Gerentes Planta y Calidad	
Cantidad	3
Salario	$ 3.000
Costo anual Salario	$ 36.000
Cargas sociales + Contribuciones	$ 22.439
Subtotal 2	**$ 175.316**
TOTAL	**$ 292.194**

Tabla 4.10: Detalle mano de obra directa

continuación:

SUELDOS Y CARGAS SOCIALES	
CARGAS SOCIALES	
Jubilación	17%
APORTES PATRONALES	
Obra social	6%
Ley 19.032	18%
ART	10%
OTRAS CONTRIBUCIONES	
Sindicatos	8.33%
Previsión por despido	2%
Previsión por vacaciones	1%
TOTAL	**62%**

Tabla 4.11: Detalle cálculo cargas sociales, aportes y otras

4.2.1 Cálculo Nutrientes

Los cultivos requieren una cantidad inicial de insumos químicos para lograr el medio necesario para que la microalga crezca y una reposición periódica de nutrientes. Semana a semana, estos insumos deben ser repuestos para asegurarse mantener este medio con la cantidad de nutrientes adecuada. A continuación, se muestra la cantidad inicial de los insumos químicos necesarios y su correspondiente inversión para poner en marcha la producción en el año cero. En segundo lugar, se muestra la reposición periódica requerida de nutrientes a través de los años (al aumentar el volumen de producción, el gasto será consecuentemente mayor).

Nutriente	Cantidad inicial [kg]	Inversion Inicial (U$D)
Carbonato de sodio	350.72	49.10
Bicarbonato de sodio	70.14	11.22
Cloruro de sodio	350.72	35.07
Nitrato de potasio	140.29	558.35
Sulfato de potasio	70.14	286.87
Urea	1.40	1.61
Fosfato monoamonico	7.01	2.52
Sulfato de magnesio	14.03	3.79
Oxido de calcio	1.40	0.45
Sulfato ferroso	0.35	0.07
Inversion Inicial		**949.0582**

Tabla 4.12: Cantidad de inversión en nutrientes iniciales necesarios

Gasto Anual (U$D)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Carbonato de sodio	5	7	9	11	14	16	17	17	17	18
Bicarbonato de sodio	1	2	2	2	3	4	4	4	4	4
Cloruro de sodio	1122	1626	2160	2720	3307	3920	4021	4121	4218	4313
Nitrato de potasio	17862	25886	34368	43309	52651	62394	64018	65603	67151	68679
Sulfato de potasio	9188	13310	17669	22243	27053	32059	32903	33708	34493	35279
Urea	50	77	99	127	155	182	188	188	193	199
Fosfato monoamonic	81	118	156	195	238	282	290	297	304	311
Sulfato de magnesio	122	176	233	294	358	424	434	445	455	465
Oxido de calcio	14	22	28	35	43	51	52	52	54	55
Sulfato ferroso	2	3	4	5	6	7	7	8	8	8
Total por pileta	**28446**	**41226**	**54727**	**68942**	**83828**	**99338**	**101934**	**104443**	**106897**	**109331**
TOTAL	**142230**	**206131**	**273635**	**344712**	**419140**	**496690**	**509672**	**522216**	**534486**	**546657**

Tabla 4.13: Inversión anual de reposición de nutrientes

Estos componentes químicos son muy comunes. La mayoría son nutrientes de uso habitual para agricultura y actúan como nutrientes para el crecimiento de las algas, mientras que otros, como la cal, son minerales que necesitan ser disueltos en el agua

para endurecerla, salarla y aumentar el pH para proporcionar el medio de cultivo adecuado.

4.3 Préstamo

Se pedirá un préstamo para el 20% de la inversión inicial de capital el cual será del tipo francés en dólares a cinco años, con tasas del mercado[27]. Se muestra el flujo de fondos del préstamo y el cálculo de nuestra tasa de descuento (la cual se usará en el análisis del flujo de fondos) la cual se calculó usando el método de WACC (Weighted Average Cost of Capital). El monto total del préstamo a pedir es de U$D 281,543

$$WACC(cpp) = K_e \frac{CAA}{CAA + D} + K_d(1 - T)\frac{D}{CAA + D}$$

Cabe recordar la fórmula WACC:

En la tabla 4.14 se observan los componentes la fórmula, con la referencia correspondiente a los símbolos. Luego, se detallan los componentes para el cálculo del costo de capital propio (Ke), cuya fórmula se encuentra a continuación.

$K_e = R_f + \beta * (R_m - R_f) + R_p$[28]

Año	0	1	2	3	4	5
Capital	281544	-40314	-47078	-54977	-64202	-74974
Interés		-47240	-40476	-32577	-23352	-12580
Cuota		-87554	-87554	-87554	-87554	-87554
Ahorro I.G. sobre intereses		16534	14167	11402	8173	4403
Flujo Fondos préstamo	**281543.7**	**-71019.7**	**-73387**	**-76151.9**	**-79380**	**-83150.816**

Tabla 4.14: Flujo de fondos del préstamo francés

[27] http://www.santanderrio.com.ar/banco/online/agro/financiacion/super-prestamo-dolares

[28] Fórmula obtenida del material didáctica de la cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos.

Cálculo del WACC		
K_e	Costo de capital propio	0,20
K_d	Costo de deuda	0,17
T	Impuestos	0,35
D	Deuda	281543,69
CAA	Capital Propio	1126174,77
WACC		**17,87%**

Tabla 4.15: Detalle cálculo de tasa WACC

Cálculo del costo de capital propio		
β	Beta	0,870
R_m	tasa de riesgo mercado	0,170
R_f	tasa libre de riesgo	0,018
R_p	tasa de riesgo país	0,046

Tabla 4.16: Detalle cálculo del costo de capital propio

4.4 Contribución unitaria

La siguiente tabla muestra la contribución unitaria por frasco a través de los 10 años de proyecto. Las cifras se encuentran en dólares. Vale la pena destacar cómo la contribución unitaria aumenta a medida que los costos fijos son distribuidos en un mayor nivel de output.

CONTRIBUCION UNITARIA										
Años	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Volumen (Frascos)	193462	280346	372231	468846	570077	675692	693192	710308	727115	743577
Precio (USD/Frasco)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Costos unitario (USD/Frasco)	7,39	5,80	4,92	4,37	3,99	3,71	3,68	3,64	3,61	3,58
CONTRIBUCION UNITARIA	**5,61**	**7,20**	**8,08**	**8,63**	**9,01**	**9,29**	**9,32**	**9,36**	**9,39**	**9,42**

Tabla 4.17: Contribución unitaria a lo largo del proyecto

4.5 Cuadro de Resultados

A continuación, se encuentra el cuadro de resultados proyectado a 10 años del emprendimiento. Para mayor claridad se muestran las cifras en miles de dólares. Los "Gastos de Comercialización" están establecidos en un 40% de la facturación debido que el producto se venderá mayormente a cadenas de farmacias, gimnasios y dietéticas los cuales cobran un porcentaje alto por su distribución. El impuesto de Ingresos Brutos es un 5%, de acuerdo a lo establecido en consultas a contadores.

CUADRO DE RESULTADOS										
Años	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**
EN MILES DE USD										
Facturación	2.515	3.645	4.839	6.095	7.411	8.784	9.012	9.234	9.453	9.667
Costo de Ventas	1.431	1.625	1.83	2.047	2.273	2.509	2.548	2.587	2.624	2.661
Gastos Comercializacion	1.006	1.458	1.936	2.438	2.964	3.514	3.605	3.694	3.781	3.867
Ingresos Brutos	126	182	242	305	371	439	451	462	473	483
GGF	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
UTILIDAD OPERATIVA	-312	115	566	1.041	1.538	2.057	2.143	2.227	2.31	2.391
Amortización	82	82	82	82	82	32	32	32	32	32
Interes	47	40	32	23	13	0	0	0	0	0
UTILIDAD AIG	-441	-8	452	935	1.444	2.025	2.111	2.195	2.278	2.359
IG	-154	-3	158	327	505	709	739	768	797	826
UTILIDAD NETA	-287	-5	294	608	938	1.316	1.372	1.427	1.481	1.533

Tabla 4.18: Cuadro de resultados

4.6 Flujo de Fondos

FLUJO DE FONDOS										
Año	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**
EGRESOS											
Inversión Activo Fijo	1.126	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
Devolución prestamo	0	87	87	87	87	87	0	0	0	0	0
IG		-154	-3	158	327	505	709	739	768	797	826
TOTAL EGRESOS	1.126	-67	85	245	415	610	709	739	768	797	826
INGRESOS											
Préstamo	282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UAIG	0	-441	-8	452	935	1.444	2.025	2.111	2.195	2.278	2.359
Amortizaciones	0	82	82	82	82	82	32	32	32	32	32
Recupero x Venta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.146
TOTAL INGRESOS	282	-359	75	534	1.018	1.526	2.057	2.143	2.227	2.310	2.391
Año	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
FF s/IVA	-845	-292	-10	289	603	916	1.349	1.404	1.459	1.513	1.565
FF IVA	-1.225	498	735	166	0	0	0	0	0	0	0
FF total	-2.070	206	725	454	603	916	1.349	1.404	1.459	1.513	1.565
FF acumulado	-2.070	-1.863	-1.138	-684	-81	836	2.184	3.588	5.048	6.560	8.126
FF descontado	-2.070	175	522	277	312	403	503	444	392	345	303
FF descontado acumulado	-2.070	-1.895	-1.373	-1.095	-783	-380	123	568	959	1.304	1.606

Tabla 4.19: Flujo de fondos

Del flujo de fondos se observa un Valor Actual Neto de U$D 1.606.348 y una Tasa Interna de Retorno del 32%. Asimismo, se observa un Tiempo de Retorno Simple de 5 años y un Tiempo de Retorno Descontado de 6 años. Estos resultados son favorables. Para una mayor seguridad se decidió plantear distintos escenarios de ventas, tanto pesimistas como optimistas y evaluar el impacto que se obtendría en el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno). Los escenarios que se postulan modifican el volumen de ventas en un porcentaje (10, 15, 20 y 30% de cambio tanto positivo como negativo). Es importante destacar que el VAN se vuelve negativo sólo en uno de los escenarios pesimistas (con un 30% de déficit de volumen de ventas).

Escenario	Variacion Ventas	VAN	TIR
Escenario 0	0%	$ 1.606.348	32%
Escenario 1	-10%	$ 849.132	25%
Escenario 2	-15%	$ 470.524	22%
Escenario 3	-20%	$ 91.916	19%
Escenario 4	-30%	$ -665.300	12%
Escenario 5	+10%	$ 2.363.564	38%
Escenario 6	+15%	$ 2.742.172	40%
Escenario 7	+20%	$ 3.120.780	43%
Escenario 8	+30%	$ 3.877.996	49%

Tabla 4.20: Evaluación de distintos escenarios

A modo de resumen del capítulo se tiene que el proyecto se evalúo a un plazo de 10 años y se prevé pedir un préstamo del 20% de la inversión inicial; en dólares a devolver en 5 años. El VAN a una tasa de descuento del 17,87% es de U$D 1.606.348 y la TIR es de 32%. Se plantearon también escenarios pesimistas y optimistas para evaluar el impacto de una variación en el volumen de ventas. De este análisis, se desprende que el proyecto es rentable económicamente y su robustez ante incertidumbres del mercado quedó demostrada en el análisis de los escenarios.

5. Comentarios Finales

Los resultados positivos del análisis económico financiero y en el resto del trabajo llevan a concluir que la spirulina tiene futuro en el mercado argentino. Quizás las principales dificultades a la hora de encarar este proyecto serian la falta de información acerca de este mercado, que al ser relativamente nuevo en Argentina, no cuenta con datos tan certeros como los que se pretendería antes de realizar una inversión de esta magnitud. La tendencia de crecimiento del mercado de suplementos nutricionales y medicina preventiva se afianza en los mercados internacionales y es de esperar que suceda lo mismo en Argentina. En cuanto a los productores actuales, se halló que los mismos no han invertido lo suficiente en promoción de sus marcas, lo cual lleva a que si bien hay cierto conocimiento del producto, no haya una marca referente y, por ende, el *market share* de estos productores sea similar. Queda para futuras investigaciones explorar la posibilidad de exportar el producto, lo cual podría no solo generar ingresos extras, sino también proveer una seguridad adicional ante la inestabilidad propia de la economía argentina.

6. Bibliografía

6.1 La Spirulina

Ishimi, Y "et al". *Effects of spirulina, a blue-green alga, on bone metabolism in ovariectomized rats and hindlimb-unloaded mice.* Division of Applied Food Research, National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan. Bioscience Biotechnology and Biochemistry. 70(2), Febrero 2006. p 363-8.

KALAFATI, M "et al". *Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans*. Medicine & Science in Sports & Exercise [en línea]. Enero, 2010; 42(1) [consulta: 20 enero 2016]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20010119>

LIVESCIENCE. *Spirulina: Nutrition facts & health benefits*. [en línea] [consulta: 20 enero 2016]. Disponible en: http://www.livescience.com/48853-spirulina-supplement-facts.html

MATHEW, B "et al". *Evaluation of chemoprevention of oral cancer with Spirulina fusiformis.* Nutrition and cancer journal [en línea].1995;24(2) [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8584455>

MAZOKOPAKIS, M "et al". *The hypolipidaemic effects of Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation in a Cretan population: a prospective study*. Journal of the Science of Food and Agriculture[en línea]. Febrero, 2014; 94(3) [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6261/abstract>

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. *Acuicultura de organismos vegetales* [en línea]. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria, [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: <http://www.agroindustria.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_Publicaciones/_archivos/080515_Acuicultura%20de%20organismos%20vegetales.pdf>

PARK, HJ "et al". *A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of spirulina in elderly Koreans*. Annals of Nutrition and Metabolism Journal[en línea]. 2008;52(4) [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18714150>

SPIRULINA BIONUTREC. *Spirulina-composición*. [en línea] [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: <https://axanthin.wordpress.com/spirulina-composicion/>

SPIRULINA. *Spirulina: The Magic Food*. [en línea] [consulta: 18 enero 2016]. Disponible en: http://www.spirulina-benefits-health.com/spirulina_proteins.html

6.2 Análisis de mercado

ARIAS GARCÍA, D. E. *Proyecto de factibilidad de producción y exportación de alga spirulina en cápsulas de 400 mg y en polvo de 100 g al mercado de Brasil.* Tesis (grado Administración de Empresas). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, 2010. 141p.

EARTHRISE. *Earthrise* [en línea]. Earthrise (f.d.) [consulta 22 Enero 2016]. Disponible en: <www.earthrise.com>.

EUROMONITOR. *Euromonitor International* [en línea]. Euromonitor International (f.d.) [consulta 20 Enero 2016]. Disponible en: <www.euromonitor.com>.

HABIB, M.A.B et 'Al'. A review on Culture, Production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations Siheries and Aquaculture Circular. Número 1034. Roma, FAO. 2008. 33p.

MCKINSEY & COMPANY. *McKinsey & Company* [en línea]. McKinsey on Marketing & Sales (f.d.) [consulta 20 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.mckinseyonmarketingandsales.com/>.

NUTRAINGREDIENTS. *Nutraingredients* [en línea]. Nutraingredients (f.d.) [consulta 20 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.nutraingredients.com/>

PARRY NUTRACEUTICALS .*Parry Neutraceuticals* [en línea]. Parry Nutraceuticals (f.d.) [consulta 23 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.parrynutraceuticals.com/products/organic-spirulina.html>.

VONSHAK, A. *Spirulina Platensis: Physiology, cell-biology and biotechnology*. Taylor & Francis, 1997. 233p.

6.3 Estudio de Ingeniería

ACADEMIA ON LINE. *Constituyentes de los gases de combustión*. Buenos Aires: Testo Argentina S.A. [consulta: 1 marzo 2016]. Disponible en: HTTP://WWW.ACADEMIATESTO.COM.AR/CMS/CONSTITUYENTES-DE-LOS-GASES-DE-COMBUSTION

AQUA CALC. *Seaweed, Spirulina, Dried density in 285 measurement units*. Estados Unidos: AVCalc LLC [consulta: 4 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/seaweed-coma-and-blank-spirulina-coma-and-blank-dried>

CAPSULE DEPOT. *Size 0E clear gelatin capsules*. Estados Unidos: Capsule Depot [consulta: 10 febrero 2016]. Disponible en: HTTP://WWW.CAPSULEDEPOT.COM/SIZE-0E-CLEAR-GELATIN-CAPSULES/

ENCAPSULANDO. *Encapsuladora Automática NJP400.* Buenos Aires: Encapsulando [consulta: 6 febrero 2016]. Disponible en: <https://www.encapsulando.com/automaticas/146-encapsuladora-automatica-njp400.html>

INFOBAE. *Inauguran la ampliación de la Central Sorrento de 150 MW de potencia* [en línea]. Buenos Aires: Infobae, [consulta: 2 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.infobae.com/2013/10/10/1515196-inauguran-la-ampliacion-la-central-sorrento-150-mw-potencia>.

Jourdan, J.P. 2001.

MINISTERIO DE INDUSTRIA. *Parques industriales* [en línea]. Buenos Aires: Ministerio de Industria, Presidencia de la Nación. [consulta: 3 febrero 2016]. Disponible en: <HTTP://PARQUES.INDUSTRIA.GOB.AR/DPARQUES/104/PARQUE-INDUSTRIAL-DE-LA-CIUDAD-DE-GENERAL-G%C3%BCEMES.HTML>.

PAMPA ENERGIA. *Pampa Energía* [en línea]. Pampa Energía (f.d.) [consulta 2 Febrero 2016]. Disponible en: <http://www.pampaenergia.com/>

Rogers "et al", 2013.

UTEX. *UTEX LB 2340 Spirulina Platensis*. Estados Unidos: Culture collection of Algae at the University of Texas at Austin [consulta: 15 febrero 2016]. Disponible en: HTTPS://UTEX.ORG/COLLECTIONS/LIVING-ALGAL-STRAINS/PRODUCTS/UTEX-LB-2340

6.4 Estudio Económico Financiero

AMBITO FINANCIERO. *Argentina Riesgo País*. Buenos Aires: Ámbito Financiero [consulta: 18 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=2>

BLOOMBERG BUSINESS. *United States Government Bonds*. Estados Unidos: Bloomberg [consulta: 18 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us>

SANTANDER RIO. *Super préstamo dólares.* Buenos Aires: Banco Santander Río [consulta: 18 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.santanderrio.com.ar/banco/online/agro/financiacion/super-prestamo-dolares>

STERN NYU. *Betas by Sector*. Estados Unidos: New York University Leonard N. Stern School of Business [consulta: 18 febrero 2016]. Disponible en: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html>

7. Anexo

Elemento/Consumo	Potencia (W)	hs/dia	meses/año	sem/año	Cons. anual (KWh)	%
FIJOS						
Paletas	1825	24	12	48	10512	57%
Iluminacion pileta	900	4	5	20	360	2%
Iluminacion planta	288	8	12	48	553	3%
Iluminacion oficinas	396	8	12	48	760	4%
Aire acondicionado	6000	4	5	20	2400	13%
Calefaccion	9600	5	4	16	3840	21%
kwh/año					18425	
VARIABLES						
Filtros osc.	5400	6,36			34	49%
Secadora	9000	2,65			24	34%
Encapsuladora	3700	3,29			12	17%
Contadora	550	1,69			1	1%
Bombas	4476	3,00			13	19%
Potencia Inst. (Kw)	42,14					
kwh/kg					**1,37**	

CONSUMOS Y GASTOS ANUALES							
año	Kwh variables	Kwh Fijos	Kwh Totales	Gasto Variable (USD)	Gasto Fijo (USD)	Gasto por potencia instalada (USD)	Gasto Total (USD)
2017	6902	18425	25327	302	807	1360	2468
2018	10001	18425	28427	438	807	1360	2604
2019	13279	18425	31704	581	807	1360	2748
2020	16726	18425	35151	732	807	1360	2899
2021	20337	18425	38762	890	807	1360	3057
2022	24105	18425	42530	1055	807	1360	3222
2023	24729	18425	43155	1083	807	1360	3249
2024	25340	18425	43765	1110	807	1360	3276
2025	25939	18425	44364	1136	807	1360	3302
2026	26527	18425	44952	1161	807	1360	3328

	por potencia ($/Kw-mes)	por energia ($/kwh)
TARIFA ($/kwh)	62,74	0,613

Energia Fija (USD)	2166
Energia Variable (USD/kg)	0,0601
Energia Variable (USD/frasco)	0,0016

Tabla 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4: Cálculo de consumo y gasto de energía

INVERSIÓN Y AMORTIZACIONES (U$D)					
RUBRO	**U$D**	**%**	**PERIODO AMORT.**	**VALOR RESIDUAL**	**AMORT. ANNUAL**
Terreno	10000	0,71%		10000	0
Obra civil	961730	68,32%	30	0	32058
Maquinaria, Insumos	246677	17,52%	5	0	49335,47164
Amoblamiento	5000	0,36%	5	0	1000
Cargos diferidos	2000	0,14%			
Imprevistos (15%)	182311	12,95%			
TOTAL	**1407718**				**82393**
Inversion año 5	16.900				

Tabla 6.5: Detalle inversiones y amortizaciones del proyecto

Sector	m^2	USD/m^2	USD (miles)
Fabrica	466	1000	466000
Oficinas	202	1400	282800
Estacionamiento	253	300	75900
Total s/IVA			824700
Total c/IVA			997887

Tabla 6.6: Detalle de costos de obra civil

FLUJO DE FONDOS (U$D)											
	2016		2018		2020		2022		2024		2026
IVA Ventas	0	528150	765345	1016190	1279950	1556310	1844640	1892415	1939140	1985025	2029965
IVA Inversion	1224987					3549					
IVA GGF		30102	30102	30102	30102	30102	30102	30102	30102	30102	30102
FF IVa	-1224987	498048	735243	165710	1249848	1522659	1814538	1862313	1909038	1954923	1999863
FF IVA* **(MILES DE USD)**	-1225	498	735	166	1250	1523	1815	1862	1909	1955	2000

Tabla 6.7: Detalle del flujo de fondos del IVA

CALCULO VALOR POR VENTA										
	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
UFXPERIODO	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3	1.533,3
VAUF	$ 6.923,74									

VRESIDUAL.OC	641,1533333
TERRENO	10
INV MAQUINAS	-209,2390582
VALOR VENTA	$ 7.146,41

Tabla 6.8 y 6.9: Detalle cálculo del valor por venta de la empresa