



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **PROYECTO DE TESIS** cuyo título es:

**“ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL CULTIVO
ARTESANAL DE SPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS)
PARA AUTOCONSUMO EN LA PROVINCIA DE PISCO”**

Presentado por:

GUERRA ALMEYDA, VICTOR JESUS

BACHILLER del nivel **PREGRADO** de la **ESCUELA DE INGENIERÍA ALIMENTOS**

Que. Se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la UNICA, El informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 20%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate.

Pisco, 14 de abril de 2023

.....
JOSE FERNANDO FOC REAÑO
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**



TESIS

**“Estudio Técnico Y Económico Del Cultivo Artesanal De
Spirulina (*Arthrospira platensis*) Para Autoconsumo En La
Provincia De Pischo”**

**Línea De Investigación:
Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles**

**TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO PESQUERO**

PRESENTADO POR:

AUTOR:

Bachiller: Guerra Almeyda, Víctor Jesús

ASESOR:

Dr. Alva Fajardo, Juan Marino

PISCO – PERU

2021

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a las dos personas más importante de mi vida a mi señora madre María Almeyda Díaz por ser quien con su amor y esfuerzo me brindó la oportunidad de ser profesional sin ella nada de esto sería posible, también a mi hija Arelly Guerra Madrid quien es mi inspiración para salir adelante al igual que mi madre.

Agradecimiento

Agradezco a la Ing. Judith Aquije Dapozzo por haber sido una excelente docente cuando fui estudiante además de una tutora muy comprometida por la ayuda que me brindo durante el proyecto de investigación.

Agradezco a la acertada dirección del M.sc Lot Vera Calderón para la realización de este trabajo de investigación.

Agradecimiento a nuestra casa de estudio por brindar sus instalaciones para el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento especial al Ing. Miguel Castro Rosas por su contribución con la cepa de spirulina además de la autorización y asesoramiento para utilizar su fórmula para el medio de cultivo utilizado en nuestro proyecto.

Índice

Resumen	8
Summary	9
Introducción	10
I. Marco Teórico	11
1.1. Antecedentes Del Problema De Investigación	11
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional	11
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional	13
1.1.3. Antecedentes a nivel local	14
1.2. Bases Teóricas De La Investigación	15
1.3. Marco Conceptual	29
II. Planteamiento Del Proyecto De Investigación	31
2.1 Situación Problemática	31
2.2 Formulación De Problemas	31
2.2.1 Problema general	31
2.2.2 Problemas específicos	31
2.3 Delimitación Del Problema	32
2.4 Justificación E Importancia De La Investigación	32
2.4.1 Justificación	32
2.4.2 Importancia	33
2.5 Objetivo De Investigación	33
2.5.1 Objetivos generales	33
2.5.2 Objetivos específicos	33
2.6 Hipótesis De Investigación	34
2.6.1 Hipótesis general	34
2.6.2 Hipótesis específicas	34
2.7 Variables De Investigación	35
2.7.1 Identificación de variables	35

2.7.2Operacionalización de variables	35
III. Estrategia Metodológica	36
3.1 Tipo, Nivel Y Diseño De Investigación	36
3.2 Población Y Muestra Materia De Investigación	36
IV. Técnicas E Instrumentos De Investigación	37
4.1 Técnica De Recolección De Datos	37
4.2 Instrumento De Recolección De Datos	37
4.3 Técnicas De Procesamiento, Análisis E Interpretación De Datos	37
4.3.1 Ubicación del experimento	37
4.3.2 Materia prima, equipos y materiales	38
4.3.3 Descripción del cultivo de spirulina	39
4.3.4 Descripción del procesamiento de spirulina	42
4.3.5 Determinación del análisis proximal	43
V. Presentación, Interpretación Y Discusión De Resultados	43
5.1 Presentación E Interpretación De Resultados	43
5.1.1 Resultados del análisis técnico experimental	43
• <i>Valores del escalado del cultivo.</i>	44
• <i>Valores de la cosecha y el proceso de secado.</i>	46
• <i>Valores del análisis proximal.</i>	47
• <i>Valores de los minerales más importantes</i>	48
▪Resultados del estudio de viabilidad técnica	49
• <i>Proceso productivo.</i>	49
• <i>Capacidad objetivo y Dimensionamiento del proceso.</i>	52
• <i>Características de materiales, maquinaria, equipos e insumos</i>	54
▪Resultados de viabilidad económica	57
• <i>Objetivo de mercado.</i>	57
• <i>Inversión inicial.</i>	60
• <i>Costos de producción.</i>	62
• <i>Depreciación.</i>	64
• <i>Capacidad de producción.</i>	66
5.2 Discusión De Resultados	67

VI. Comprobación De Hipótesis	68
6.1 Contrastación De Hipótesis General	68
6.2 Contrastación De Hipótesis Secundarias	70
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Fuentes De Información	75

ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 Cosecha De Tecuitlatl	11
Ilustración 2 Fabrica de la empresa Sosa Texcoco – México	12
Ilustración 3 Doctor Ripley	13
Ilustración 4 Cultivo de Biotecnology Andexs	14
Ilustración 5 Sistema de cultivo inclinado	19
Ilustración 6 Tanque circular	19
Ilustración 7 Raceways	20
Ilustración 9 Photobioreactor de biocombustible	23
Ilustración 10 Planta de tratamiento de aguas domesticas	24
Ilustración 11 Ciclo de biofijación de CO2 de micro algas	25
Ilustración 12 Mascarilla de spirulina	26
Ilustración 13 Barra energética de spirulina	27
Ilustración 14 Cultivo en acuario	41
Ilustración 15 Cultivo en piscina estructurada	41
Ilustración 16 Cosecha de la spirulina del proyecto	42
Ilustración 17Spirulina seca o prensada	42
Ilustración 18 Spirulina seca	42
Ilustración 19 Tarifa BT5B. Electroodunas	62
Ilustración 20 Tarifario de Emapisco	63

DIAGRAMA

Diagrama 1 Cultivo y proceso de spirulina	22
Diagrama 2 Balance de materia del cultivo de spirulina	49

TABLA

Tabla 1 Biología De La Spirulina	15
Tabla 2 Propiedades físicas y químicas de la spirulina	18
Tabla 3 Medio Zorrouk	21
Tabla 4 Medio de cultivo Urea	21
Tabla 5 Solución 1 para el medio de cultivo UTEX	22
Tabla 6 Solución 2 para el medio de cultivo UTEX	22

Tabla 7 Población y toneladas de spirulina consumida en el mercado ecuatoriano	29
Tabla 8 Operacionalización de variables	35
Tabla 9 Medio de cultivo Jean Paúl Jordán modificado	40
Tabla 10 Temperatura ambiente durante el cultivo	43
Tabla 11 Parámetros del inóculo spirulina sp	44
Tabla 12 Comparación Litros añadidos vs temperatura ambiente	45
Tabla 13 Análisis de cosecha	46
Tabla 14 Análisis proximal	47
Tabla 15 Análisis de minerales	48
Tabla 16 Medio de cultivo JEAN PAÚL JORDÁN MODIFICADO	51
Tabla 17 Jean Paul Jordán sustitución de nutrientes por 1 Kg de cosecha	51
Tabla 18 Dimensionamiento del proceso.	53
Tabla 19 Materiales del cultivo	54
Tabla 20 Equipos del cultivo	55
Tabla 21 Materia prima	55
Tabla 22 Material para toma de muestra	55
Tabla 23 Equipo de control	56
Tabla 24 Material para cosecha	56
Tabla 25 Material para prensado	56
Tabla 26 Material para formado de hebras	57
Tabla 27 Equipo de secado	57
Tabla 28 Equipo de molienda	57
Tabla 29 Material para envasado	57
Tabla 30 Abastecimiento de agua en la provincia de Pisco	58
Tabla 31 Número de personas por edad en la provincia de Pisco	59
Tabla 32 Definición de variables	60
Tabla 33 Consumo de energía eléctrica para el cultivo	62
Tabla 34 Consumo de agua y alcantarillado en el cultivo	63
Tabla 35 Inversión y costo total	63
Tabla 36 Costos de activos fijos	64
Tabla 37 Costo de la spirulina en polvo	68
Tabla 38 Número de personas por familia en la provincia de Pisco	69
Tabla 39 Costo spirulina comercial y propia	70
Tabla 40 Ingreso promedio por persona en la ciudad de Ica	72

GRAFICA

Gráfica 1 Temperatura ambiente durante el cultivo	44
Gráfica 2 Diferencia de temperatura ambiente y temperatura del cultivo	45
Gráfica 3 Diferencia de la temperatura ambiente y la de secado	46
Gráfica 4 Peso húmedo y peso seco	47
Gráfica 5 Análisis proximal	48

Resumen

Se realizó un estudio técnico y económico de un cultivo de spirulina platensis (*Arthrospira platensis*) en la provincia de Pisco a una temperatura promedio de 22 °C, para ello se utilizó un medio de cultivo experimental. Se recibió un inóculo de 6 litros de spirulina el cual se vertió junto al medio de cultivo experimental en un acuario con aireación y agitación constante que fue proporcionada por un motor de acuario, el rango de pH fue de 9 a 9.5, se controló parámetros de transparencia y temperatura del cultivo, la cosecha del cultivo se realizó de acuerdo al escalamiento del cultivo donde se controló los datos de peso húmedo y peso seco que nos ayuda a poder conocer el rendimiento del proceso, obteniendo nuestro producto final se realizó un análisis proximal para conocer su valor nutricional poniendo principal énfasis en el porcentaje de proteína que contiene nuestro producto.

El estudio económico muestra las ventajas y la viabilidad del proyecto de cultivo tomando en cuenta los costos, gastos, rendimiento y rentabilidad para reflejarlos en la necesidad y condiciones que presenta nuestra provincia estos últimos datos fueron recogidos por el INEI (Instituto nacional de estadística e informática) en el cual nos basamos.

PALABRA CLAVE: Spirulina, cultivo experimental, parámetro, viabilidad, estudio económico, INEI.

Summary

A technical and economic study was carried out on a culture of spirulina platensis (*Arthrospira platensis*) in the province of Pisco at an average temperature of 22 ° C, for which an experimental culture medium was used. An inoculum of 6 liters of spirulina was received which was poured together with the experimental culture medium in an aquarium with aeration and constant agitation that was provided by an aquarium motor, the pH range was from 9 to 9.5, parameters of transparency and temperature of the culture, the harvest of the culture was carried out according to the scaling of the crop where the data of wet weight and dry weight was controlled that helps us to be able to know the performance of the process, obtaining our final product a proximal analysis was carried out to know its nutritional value, placing the main emphasis on the percentage of protein that our product contains.

The economic study shows the advantages and viability of the cultivation project taking into account the costs, expenses, performance and profitability to reflect them in the need and conditions that our province presents, these latest data were collected by the INEI (National Institute of Statistics and Informatics) on which we rely.

KEY WORDS: Spirulina, experimental culture, parameter, viability, economic study, INEI.

Introducción

Se conoce que existe una gran cantidad de especie de micro algas muchas de ellas que todavía no sin ser descubierta por el hombre y mucho menos explotado, muchas de estas micro algas forman parte del fitoplancton.

La Spirulina es una micro alga del Phylum cyanophyta que se desarrolla en condiciones especiales y en la naturaleza habita en lagos alcalinos de zonas tropicales. Su fisionomía particular de forma espiral le dio su nombre vulgar (spirulina) y debido a su alto contenido nutricional es lo que ha generado especial atención para su producción comercial.

En su producción comercial a mayor parte de la biomasa es utilizada como alimento y materia prima de alimentos para la acuicultura, el cultivo industrial de Spirulina se ha realizado tradicionalmente y en su mayor parte en sistemas de cultivo abiertos conocido como raceways. Aunque se puede cultivar fácilmente en biorreactores y sistemas acuosos abiertos, naturales y artificiales

El medio de cultivo liquido necesario para el buen desarrollo contiene sales como bicarbonato de sodio y nitratos que contribuyen a la alcalinidad del medio, uno de los factores más determinantes en el escalado y la producción es la iluminación por ser un organismo autotrófico, y para lograr una adecuada distribución de nutrientes, se mantiene agitación por medio mecánico o por burbujeo.

En el presente plan de tesis detalla el proceso productivo de spirulina con una metodología de cultivo artesanal para después determinar la viabilidad de un proyecto de inversión en nuestra provincia de Pisco analizando técnica y económicamente el cultivo.

I. Marco Teórico

1.1. Antecedentes Del Problema De Investigación

1.1.1. Antecedentes a nivel internacional.

En México en el año de 1521 Bernal Díaz del Castillo uno de los acompañantes de Hernán Cortez reporto que la spirulina era cosechada del lago de Texcoco a la que secaban y vendían en el mercado de Tenochtitlan. (A, Belay, 2008)

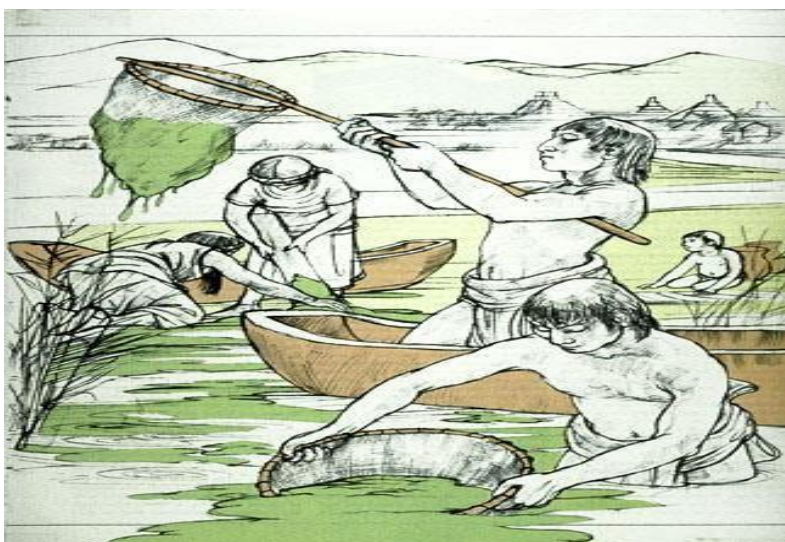


Ilustración 1 Cosecha De Tecuitlatl

Fuente: (Furst, 1978)

Se descubrieron escritos y reportes de la expedición de Bélgica en la zona del Saharan , los lugareños de esa zona en especial los que habitan cerca al lago Chad también tenían el habito de consumir de esta micro alga verde-azulada, cuya especie se sabe que es *Arthrospira platensis*.

En 1943 se formó la empresa. Sosa Texcoco para extraer carbonato de sodio del lago Texcoco en México pero una capa espesa verde-azulada cubría la superficie del lago que en ese momento los acuicultores no sabían de qué se trataba.

Este hallazgo, que pronto se transformó en una molestia fue reportada al instituto francés de petróleo, entidad que brindaba asistencia tecnológica a Sosa Texcoco. Después de un intenso

Intercambio de información, el instituto informo a Sosa Texcoco que se trataba de un alimento ancestral, mismo que había sido identificado por el investigador belga Jean Leonard. Esto motivo a ambas entidades a llevar a cabo estudios y experimentos encaminados al aprovechamiento del Tecuitlatl, el cual fue identificado como spirulina. Como producto de estas investigaciones instalaron una planta de procesamiento en las orillas del caracol del lago Texcoco con una producción cercana a las 500 toneladas de spirulina seca por año.

A pesar de los esfuerzos de la empresa en la comunicación de las propiedades nutricionales y curativas de la micro alga y al tratar de mezclar la spirulina con otros alimentos populares para poder introducirlo en los desayunos escolares del DIF (Desarrollo integral de la familia – México) no hubo tiempo necesario para su difusión debido al cierre inesperado de acuerdo a la famosa huelga que estalló el 23 de septiembre de 1993 y que concluyo con su cierre definitivo en 1997.

(Sasson, 1997)



Ilustración 2 Fabrica de la empresa Sosa Texcoco – México
Fuente: (Rodriguez, 2001)

En 1987 el doctor Ripley junto a la doctora Denisse Fox ganó un premio de tecnología ambiental promovido por las naciones unidas con su proyecto de cultivo de spirulina, que se estaba llevando a cabo en el Sahara occidental del África en el país de Togo desde 1984 su sistema de cultivo consistía en los desechos fecales se convertía un digestor de biogás como

Combustible, el estiércol seco como abono y nutrientes para el cultivo de la spirulina, además que permitió que en ese lado del mundo se pudiera tener una cultura sanitaria.

La spirulina se secaba y se suministraba en el hospital local a los niños que previamente se tallaba y pesaba al cabo de una semana se pudo observar que aumentaban de peso y se notaban su mejoría. (Henrikson R. , 1994)



Ilustración 3 Doctor Ripley

Fuente: (Henrikson, 1997)

1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.

Mediante un Convenio de Cooperación Técnica peruano-alemán se inició en 1971 un proyecto para estudiar la posibilidad de una producción masiva de la micro alga verde de agua dulce *Scenedesmus acutus*, siguiendo la tecnología desarrollada en la ciudad de Dortmund, R.F. de Alemania, y con el propósito de contribuir a la solución de los problemas alimentarios del país. Los resultados obtenidos en la planta piloto de Casa Grande, cerca de Trujillo, demostraron que esta micro alga bajo buenas condiciones de cultivo puede dar producciones dobles de las logradas en su país de origen.

Estudios paralelos de aplicación dietética y de aceptabilidad han comprobado su alto valor, sobre todo en la terapia de estados graves de desnutrición en niños, y su buena aceptación. Transcurrida la etapa experimental, se constituyó en 1978 en Sauzal también cercana a la ciudad de Trujillo y en una zona de excelentes condiciones ambientales y lumínicas, la primera planta

de producción semi industrial de micro algas con un método de cultivo basado en el original, pero con modificaciones notorias para adaptarlo a las condiciones de la costa peruana.

El producto final bajo la forma de polvo puede usarse en el mercado interno, así como en la exportación, donde puede comercializarse a precios bastante interesantes. (Hurtado, 2011)

La empresa Andexs Biotechnology S.R.L. fue fundada en el año de 2007 con el objeto de desarrollar un intenso programa de investigación y desarrollo en la producción y valorización de productos derivados de las micro algas, entre ellas la micro alga spirulina platensis destinada para consumo humano como suplemento en Arequipa, les permitió obtener un producto con 64.14 % de proteína, en un ambiente ecológico apropiado en el sur del país, debido a la alta demanda registrada, Andexs Biotechnology S.R.L. se encuentra en proceso de incrementar su planta de producción para aumentar a 300 kg por mes. (Andexs, 2012)



Ilustración 4 Cultivo de Biotecnology Andexs

Fuente: (Andexs O.2014)

1.1.3. Antecedentes a nivel local.

El grupo Alimenta muestra interés en la spirulina como fuente de proteínas para la producción de huevos en el 2013 siendo el 2014 donde comenzaron los estudios técnicos en la región de Ica donde se probaron diferentes medios de cultivo y diferentes tipos de cepas.

En el 2016 se le asignó mayor presupuesto y un equipo I+D para cumplir su plan estratégico de culminar con un sistema de cultivo de 50 Tn/ año al culminar el 2018. (Alimenta, 2016)

1.2. Bases Teóricas De La Investigación

- **Descripción de la spirulina.**

Del género *Arthrospira*, concretamente de las dos especies *Arthrospira platensis* y *Arthrospira máxima*. Ambos géneros son cianobacterias, una clase de organismos unicelulares que era anteriormente conocido como "algas azules". Al principio estaban incluidas en el género spirulina y es este nombre el que sigue usándose para designar el suplemento nutricional. (Castenholz, 1989).

Tabla 1 Biología De La Spirulina

Dominio:	Bacteria
Phylum:	Cyanobacteria
Clase:	Cyanobacteria
Orden:	Oscillatoriales
Familia:	Oscillatoriaceae
Género:	Spirulina
Especie:	S. platensis (=Arthrospira)

Fuente: (Becker w, 1982)

- **Origen de la spirulina.**

La spirulina es el descendiente inmortal de las primeras formas de vida fotosintética, surgidas ase 3500 millones de años, las algas azules o cianofitos formaron la actual atmosfera con oxígeno en la que pudieron evolucionar otras formas de vida. Desde entonces las algas contribuyen a regular la biosfera del planeta. (Henrikson R. , Microalga Spirulina, 1994).

La spirulina fue aislada por primera vez por Turpin en 1827 a partir de una corriente de agua dulce, y posteriormente se han encontrado especies de spirulina en una gran variedad de ambientes (tierra, arena, pantanos, agua salobre, agua de mar y agua dulce). Las especies de

spirulina han sido aisladas, por ejemplo, de aguas tropicales en el mar del norte, aguas termales, salinas, aguas cálidas de las centrales eléctricas o estanques de peces. (Gomes Hermoso, 2015)

- **Tipos de spirulina.**

El término de spirulina es utilizado generalmente para dos tipos comerciales de micro algas del género *Arthrospira*:

Arthrospira platensis: Este tipo de spirulina es oriunda de la región de centro américa del lago de Texcoco.

Arthrospira máxima: Es oriunda de la región de Kanenbu – África.

La morfología y propiedades nutricionales de cada una de estas es particularmente del medio natural en el que se desarrolla el cultivo.

- **Propiedades de la spirulina.**

Es uno de los alimentos de origen vegetal más concentrado en buenos nutrientes, sobre todo, destaca su contenido en proteínas que puede rondar el 60 % en el alga deshidratada y se acompaña de un buen aporte de fibra, hidratos complejos y grasas en menor proporción entre las que destacan las poliinsaturadas o esenciales para el organismo.

También es importante su aporte de vitaminas y minerales que nuestro cuerpo necesita como vitaminas del complejo B, calcio, hierro, potasio, yodo, carotenos y vitamina E, éstos dos últimos con función antioxidante.

Es al igual a un vegetal, bajo en calorías y rico en agua, pero continúa teniendo un porcentaje superior de proteínas con respecto a otros vegetales, por lo que, ésta característica resulta particularmente atractiva para dietas vegetarianas aunque como todo vegetal no tiene proteínas completas porque en este caso, posee escasos aminoácidos azufrados, su perfil proteico no deja de ser considerable debido a la cantidad de este nutriente que concentra. (Superalimentos, 2012)

Frecuentemente se utilizan complementos dietéticos de esta alga en dietas de adelgazamiento ya que es saciante por lo que reduce el apetito y esto se debe a su alto contenido en fibra, a la vez puede acelerar el metabolismo y controlar la absorción de grasas además es un alimento con calorías negativas eso quiere decir que su aporte calorífico es tan bajo que el cuerpo gasta más en metabolizarlo que la propia energía que la spirulina suma y por su alto contenido de minerales previene los calambres musculares en deportistas. (Axa Heat, 2013).

En los últimos años se le han atribuido diversas propiedades farmacológicas así que se ha comprobado experimentalmente invitro su efectividad en algunos tipos de alergias, anemia, cáncer, hepatotoxicidad, enfermedades virales y cardiovasculares, inmunodeficiencia, procesos inflamatorios. (Chamorro, 2002)

- **Importancia de la spirulina.**

El polvo que se obtiene de la spirulina sp. Es una fuente proteica de alto valor biológico sin efectos tóxicos. Posee un 80% de la proteína del huevo, es decir 124 gr de spirulina máxima reemplazan 100 g de la proteína del huevo. No se realizan sustituciones totales de proteína, sino parciales para suplir las deficiencias por falta de fuentes proteicas a causa de los altos costos en el mercado. En dietas humanas se ha considerado como una fuente importante de ácido gamma linoleico, como sustituyente en la alimentación de hipertensos y pacientes con tensiones premenstruales, resultando más económico que otro tipo de aceites con un costo de trece centavos de dólar por kilogramo. (Roughan, 1989)

- **Propiedades físicas y químicas de la spirulina.**

Tabla 2 Propiedades físicas y químicas de la spirulina

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

Fuente: (Axanthin, 2013)

- **Sistemas de cultivo de spirulina.**

Los más utilizados comercialmente son los sistemas de cultivo abierto ya que estos son menos costosos en su construcción y operación además de permitir mayor disponibilidad de área para el cultivo, entre las diferencias de los diferentes sistemas de cultivos abiertos están el tamaño, forma, materiales y tipos de agitación.

Sistema inclinado. Es un sistema que mediante su recorrido de manera descendente ayudado por la gravedad permite una buena oxigenación del cultivo ya que se distribuye uniformemente en una película muy delgada (menos de 1cm) facilita una mayor concentración (10g/l), sus limitaciones conciernen en la sedimentación de la spirulina en las partes de baja turbulencia, se necesita una gran cantidad de energía para poder bombear el cultivo de la parte baja a la parte alta de la superficie inclinada además de la pérdida por evaporación especialmente en los lugares cálidos donde se cultiva, estos sistema no ha sido de mucha productividad en comparación a los raceways.



Ilustración 5 Sistema de cultivo inclinado
Fuente: (Barra Galarraga, 2010)

Tanques circulares. Estos tanques han dejado de ser usados debido a su alto costo para su construcción y en energía requerida para poder mover los grandes brazos mecánicos que se utiliza para su agitación, aunque todavía hay países que lo utilizan como Japón, Taiwán e Indonesia para el cultivo de spirulina y clorella.



Ilustración 6 Tanque circular
Fuente: (Navarro Goicochea, 2015)

Raceways. Estos sistemas son usados en la mayoría de cultivos comerciales con 75000 y 150000 m² de área de cultivo con una agitación proporcionada con una rueda con paletas en uno de los extremos del tanque.

Para que el tanque sea eficiente tiene que ser de poca profundidad (menores de 15 cm) de forma de pista ovalada para que el cultivo pueda ser agitado de manera uniforme, su construcción no es muy costosa.

Entre sus desventajas se tiene la poca concentración (0.6 g/l) lo que facilita la contaminación e incrementación del costo de cosecha, también hay grandes pérdidas por la evaporación en los lugares cálidos.



Ilustración 7 Raceways

Fuente: (Galpemur, 2018)

- **Medios de cultivo.**

Medio Zorrouk. El primer medio sintético formulado para el cultivo de la Spirulina fue el medio de Zorrouk, el cual es todavía usado como medio estándar. Este fue definido por primera vez en 1966, y trabajos anteriores muestran que algunos componentes de este medio pueden ser diluidos un poco ya que la concentración de algunos de sus nutrientes es lo suficientemente alta. (Radmann E.M., 2007).

Tabla 3 Medio Zorrouk

Nombre comercial	FORMULA	Concentración (g/L)
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	13.61
Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	1.03
Carbonato de potasio	K ₂ HPO ₄	0.5
Nitrato de sodio	NaNO ₃	2.5
Sulfato de potasio	KSO ₄	1
Cloruro de sodio	NaCl	0.2
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	0.04
Cloruro de calcio	CaCl ₂ 2H ₂ O	0.01
Sulfato de hierro	FeSO ₄ 7H ₂ O	0.05
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	2.86
Cloruro de manganeso	MnCl ₂ 4H ₂ O	1.81
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ 7H ₂ O	0.22
Molibdato de sodio	NaMoO ₄ 2H ₂ O	0.39
Sulfato de cobre	CuSO ₄ 5H ₂ O	0.079
Cobalto de nitrato	Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	0.049
Sulfato de vanadilo	VOSO ₄ 5H ₂ O	49.6 mg
Aluminio de cromo	K ₂ Cr ₂ (SO ₄) ₄ 2H ₂ O	96.0 mg
Marenosita	NiSO ₄ 7H ₂ O	47.8 mg
Ácido tungstico	Na ₂ WO ₄ 2H ₂ O	17.9 mg
Dióxido de titanio	TiOSO ₄	33.3 mg
Nitrato de cobalto	Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	44.0 mg

Fuente: (Zarrouk, 1966)

Medio Urea. Consta básicamente de una fuente de carbono y una de nitrógeno esto es bicarbonato y urea, respectivamente la urea, también conocida como carbamida, Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco. Soluciones neutras de urea, se hidrolizan muy lentamente en ausencia de microorganismos, de la concentración de urea. (Textoscientificos, 2007)

Tabla 4 Medio de cultivo Urea

Sustancia	Concentración
Bicarbonato de sodio	25,61 gr/l agua destilada
Urea	3,5 gr / 500 ml agua destilada

Fuente: (Danesi E.D.G., 2002)

Medio Utex. Como recomendaciones de este medio se debe prevenir la formación de precipitados preparando dos soluciones descritas en las tablas. Luego de completar las dos soluciones, se debe verter la solución 2 en la solución 1 y agitar para mezclar completamente, y se recomienda mantener a temperaturas bajas para mayor conservación del medio. (Utex, 2006)

Tabla 5 Solución 1 para el medio de cultivo UTEX

Nombre comercial	Sustancia	Concentración
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	13.61 g/500 mL H ₂ O
Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	4.03 g/500 mL H ₂ O
Carbonato de potasio	K ₂ HPO ₄	0.5 g/500 mL H ₂ O

Tabla 6 Solución 2 para el medio de cultivo UTEX

Nombre comercial	Sustancia	Concentración
Nitrato de sodio	NaNO ₃	2.5 g/500 mL
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	1 g/500 mL
Cloruro de sodio	NaCl	1 g/500 mL
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.2 g/500 mL

Fuente: (UTEX, 2006)

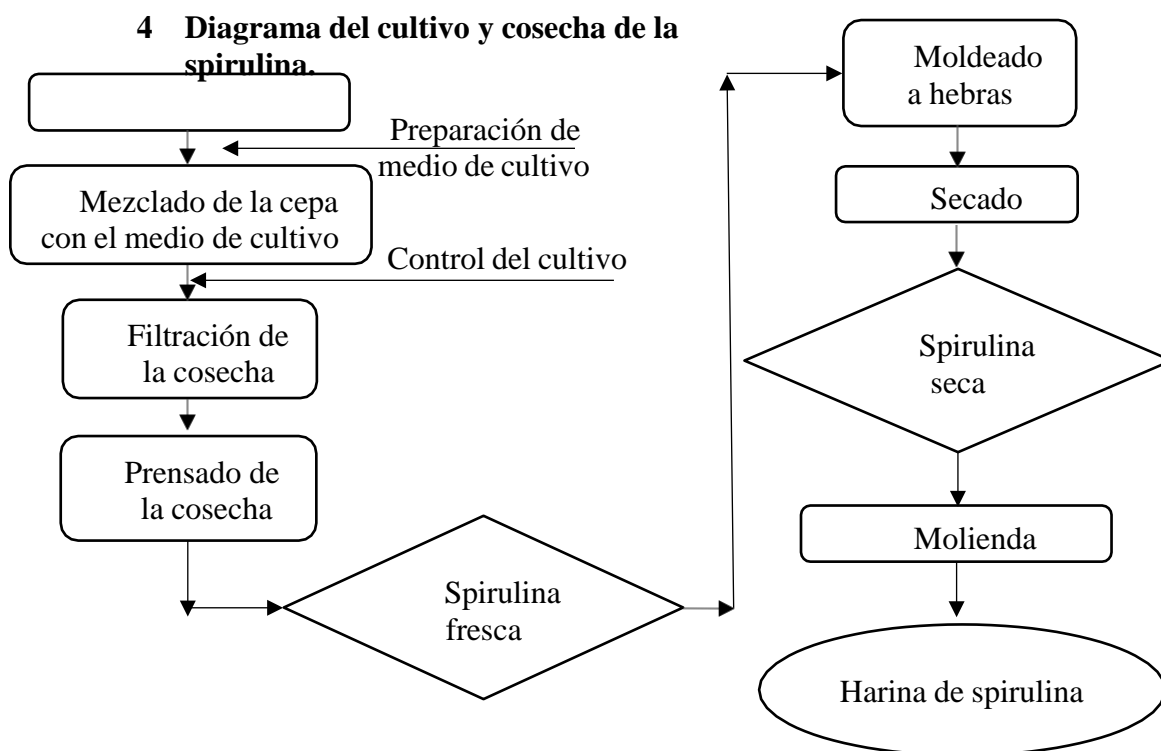


Diagrama 1 Cultivo y proceso de spirulina

Fuente: Propia

- **Oportunidades de negocio a través de la spirulina.**

En torno al cultivo de spirulina existen oportunidades de negocio para sustituir componentes energéticos, químicos y nutricionales.

Bio combustible. La Spirulina como las demás micro algas es una fuente alternativa de bioenergía, también pueden capturar CO₂ y al mismo tiempo no compiten ni con tierras de cultivo ni con la producción de alimento en contraste con los biocombustible de primera generación obtenidos a partir de residuos agrícolas, de forma que permiten reducir este importante impacto ambiental y social, al mismo tiempo que no generan una demanda de agua al poder utilizar su proceso productivos de aguas residuales o marinas. (GREENPEACE, 2014)

Los biocombustibles de primera generación, que tal como aclaramos anteriormente, se producen a partir de materias primas de origen comestible, hace ya 20 años que están en el mercado y, por tanto, el mercado de biocombustibles está copado por ellos.



Ilustración 8 Photobioreactor de biocombustible

Fuente: (Beteta Garmendia, 2006)

Depuración de aguas. El agua de calidad es esencial para la salud humana, la protección del medio ambiente y el desarrollo económico, por ello el depuramiento de aguas residuales es una necesidad ineludible. Los sistemas de tecnologías convencionales requieren de grandes

inversiones, un costoso proceso de mantenimiento y de explotación, además de exigir recursos humanos altamente especializados.

Actualmente, numerosos estudios apuntan a la capacidad de micro algas para consumir como nutrientes aquellas sustancias contaminantes disueltas en el agua, como pueden ser los compuestos de fósforo y nitrógeno. Así se alcanzará grandes rendimientos con muy bajas inversiones además proporcionará beneficios colaterales por la posibilidad de generar energía, capturar CO₂ y producir biomasa que puede ser utilizada como materia prima en otras aplicaciones. (PWC, 2013)

En Perú, al igual que a nivel mundial, existe preocupación por la escasez de recursos hídricos y la importancia de la gestión integral del ciclo del agua. De hecho, en el Perú existe el organismo estatal de fiscalización ambiental (OEFA) tiene como misión salvaguardar el medio ambiente de los factores contaminantes de las industrias, en especial los recursos hídricos, para eso las industrias podrían tener en la spirulina un gran aliado para la depuración de sus aguas residuales que los beneficiaría ante el ente de fiscalización, a la vez de cumplir con una responsabilidad social reutilizando las aguas ya tratadas.



Ilustración 9 Planta de tratamiento de aguas domesticas

Fuente: (EDAR, 2012)

Biofijación de co₂. La biofijación de CO₂ es en estos momentos centro de atención de numerosos estudios y proyectos ya que la viabilidad técnico- económico de un proceso de

captura y fijación biológica mediante micro algas en plantas industriales lo que les va permitir es seguir utilizando combustibles fósiles durante los próximos años sin contribuir al calentamiento global.

La biofijación de CO₂ es una tecnología de interés público que resulta especialmente interesante para plantas productoras de electricidad o aquellas industrias generadoras de altos volúmenes de CO₂, puesto que poseen una gran fuente de gas que puede redirigirse así a la planta de cultivo de micro algas y lograr beneficios medio ambientales que son favorecidos económicamente mediante los derechos de emisión. (Amotz, 2009)

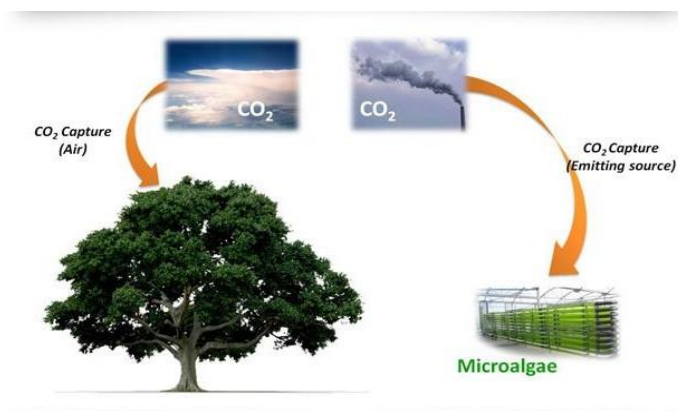


Ilustración 10 Ciclo de biofijación de CO₂ de micro algas

Fuente: (Nuestromar, 2013)

Cosmética. Las microalgas absorben y concentran elementos muy importantes para la salud y en concreto para mantener el buen aspecto de la piel del ser humano, su biomasa contiene antioxidantes, pigmentos, aminoácidos, vitaminas, polisacáridos, y otras sustancias de gran interés en la industria cosmética. (Rodríguez Garcia , 2010),

Se le llama cosmetología ecológica que tanto en Estados Unidos, Canadá y el resto de Europa tiene una importante presencia en el mercado. Existen formas que han extendido por todo el mundo su filosofía sostenible y son conocidas internacionalmente.

La gran potencia en Europa en este campo es Francia que lidera la lista de importadores de productos cosméticos en Europa. (Spolaore P, 2006)



Ilustración 11 Mascarilla de spirulina
Fuente: (Isan, 2017)

Nutrición. Las microalgas proporcionan importantes aplicaciones en el campo de la nutrición humana como animal.

Tanto en el mercado Latinoamericano como Europeo no se le brinda mucho énfasis a la INMUNONUTRICION, sabiendo que en otros países en especial Asiáticos como Corea del Sur y Japón encabezan la innovación en esta materia desarrollando productos diferenciados que cumple con los objetivos de la alimentación como mejorar su salud y prevenir enfermedades, En España se están iniciando investigaciones realizadas por centros tecnológicos que resaltan el futuro de las micro algas como fuente natural sostenible e inagotable. (Gomez Ariza, 2008)

Por su inocuidad y su adaptabilidad a distintas condiciones de crecimiento, y sus propiedades nutritivas, ciertas especies de micro algas son particularmente aprovechables en el sector alimentario.

El panorama económico mundial ha afectado la mayoría de las potencias mundiales, inmerso en una profunda crisis económica, sin embargo, en el sector agro alimentario esta entre los menos afectados.

En Latinoamérica existe un mercado incipiente e inmaduro y siendo un mercado en desarrollo en países europeos, su producción suele asociarse a gastronomías orientales como China, Japón y Corea del sur. (Salvador Mendoza, 2011)

En esta época el consumidor tiene una tendencia por la alimentación saludable dando valor a la alimentación funcional que es capaz de mejorar la salud y prevenir ciertas enfermedades reforzando el sistema inmune.



Ilustración 12 Barra energética de spirulina

Fuente: (Cebanatural)

- **Análisis de mercado de la spirulina.**

La demanda de productos alimenticios cultivados de manera naturales ha aumentado en todo el mundo, crea 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. (Argento, Sempere, & Van Lierde, 2016)

Las presentaciones más conocidas en que se comercializa la spirulina es en capsulas y en polvo, aunque también existen productos donde la spirulina es utilizada como ingrediente principal.

Mercado global. Para poder entender el mercado global de la Spirulina es necesario poder comprender el mercado en el que está inmerso como el de vitaminas, minerales y suplementos

dietarios denominado VMSD. Como analizaremos a continuación este es un mercado sumamente globalizado, fragmentado y en franco crecimiento.

Globalmente el mercado factura anualmente 82 billones, con aproximadamente un 28% localizándose en los E.E.U.U donde las ventas crecieron entre 2007 y 2012 el crecimiento se mantuvo hasta el 2017 con tasas de crecimiento entre 5% y 6% anualmente. Actualmente el mercado crece a una tasa del 4 % y se espera que se mantenga durante los siguientes cinco años, cabe destacarla posición de los suplementos nutricionales dentro de este mercado ya que actualmente factura cerca de USD 2.5 billones globalmente y presenta un crecimiento cercano al 10 % anual, la compañía Amway tiene el liderazgo con un amplio margen seguido de NBTY y Pfizer en tercer lugar. Herbalife y Nu Skin completan los primeros cinco puestos. Todas estas empresas basadas en Estados Unidos. (Argento, Sempere, & Van Lierde, 2016).

Mercado peruano. El mercado de consumer health que incluye tanto los medicamentos que se expenden sin receta como los suplementos alimenticios, vitaminas y otros, asciende actualmente a S/ 3,600.5 millones, y el consumo per cápita ya es de S/ 111.9, según cifras de la consultora Euromonitor International, y el crecimiento continuará pues se estima que en los próximos tres años moverá S/ 4,289.4 millones. (Fattorini, 2018)

Lima concentra el 70% de las ventas de suplementos nutricionales y provincias el 30%, pero con tendencia a seguir creciendo, señaló Ardyss International, que recientemente lanzó en el mercado peruano ocho nuevos productos que ayudarán a mejorar la nutrición, tanto en hombres como en mujeres, evitando el sobrepeso. (Erensa, 2014)

No se conoce en el mercado peruano el porcentaje de personas que consumen spirulina, pero se toma los datos del banco central del Ecuador que cuantifican el consumo de spirulina en ese país.

Tabla 7 Población y toneladas de spirulina consumida en el mercado ecuatoriano

ECUADOR			
AÑO	POBLACION	TONELADAS MERCADO	INCIDENCIA CONSUMIDORES
2004	13,530.00	6	0.24%
2005	13,780.00	8	0.32%
2006	13,780.00	15	0.60%
2007	14,027.00	22	0.86%
2008	14,510.00	23	0.87%

Fuente: (Arias Garcia, 2010)

1.3. Marco Conceptual

Selección de cepa. En microbiología, es elegir de acuerdo a ciertas características una población de células de una sola especie descendientes de una única célula, usualmente propagada colonialmente, debido al interés en la conservación de sus cualidades definitorias. De una manera más básica puede definirse como un conjunto de especies bacterianas que comparten, al menos, una característica. (Wikipedia, 2019).

Mezcla de la cepa con el medio de cultivo. Consiste simplemente en mezclar la simiente con el medio de cultivo. Es recomendable mantener un nuevo cultivo inicialmente y en curso de crecimiento (dilución progresiva con medio de cultivo nuevo). (Teshnap, Spirulina Source, 2005).

Control de Cultivo. Método de control de parámetros físicos o químicos en un cultivo biológico de organismos sin intervención del hombre y que incluye además de enemigos naturales la acción de los factores abióticos del medio. (Wikipedia, 2008).

Filtración del cultivo. La filtración es un procedimiento físico de esterilización de fluidos en el cual los microorganismos no son destruidos, sino simplemente retenidos por un material filtrante. El material filtrante debe de ser inerte para no reaccionar con los componentes de la solución, presentar resistencia mecánica y tener un tamaño de poro menor que los microorganismos que deben ser retenidos. (U.M.H, 2017)

Prensado de la cosecha. Consiste en ejercer una fuerza física, comprimiendo la cosecha para eliminar la humedad externa así obtener el producto compacto y moldeable. (Teshnap, 2015)

Moldeado a hebras. Poner como tallarines en cilindros de pequeño diámetro ("spaghetti" de 2 mm de diámetro) sobre un plato perforado. (Pedrasa, 2011)

Estudio técnico. Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se necesita. (Sánchez, 2011)

Factibilidad. Se entiende por Factibilidad las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto". El estudio de factibilidad es el análisis que realiza una empresa para determinar si el negocio que se propone será bueno o malo, y cuáles serán las estrategias que se deben desarrollar para que sea exitoso. (Varela, 1996)

Estudio económico. Es la base del estudio teórico y académico de las ciencias económicas. Estudia el comportamiento racional de los individuos y organizaciones a la hora de tomar decisiones económicas y su interacción con el resto de agentes. (Sanchez, 2000)

Cultivo. Arte de cultivar la tierra. Se refiere a los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, normalmente con fines alimenticios. (Agrícola, 2001).

Técnico. Se llamará técnico al procedimiento que tiene como fin la obtención de un determinado resultado. Para llegar a este será necesario ejecutar conocimientos técnicos y seguir una serie de reglas y normas que serán el medio para alcanzar el objetivo. (Pérez, 2013)

Micro algas. Las micro algas son microorganismos foto autótrofos, por tanto, capaces de transformar la luz solar en energía química mediante la fotosíntesis oxigénica y además capaces de asimilar carbono en forma de dióxido de carbono. (Inforjardin, 2006)

Costos de producción. Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto. (Zugarramurdi, 1998).

II. Planteamiento Del Proyecto De Investigación

2.1 Situación Problemática

La spirulina es un producto relativamente nuevo en el mercado y no ha sido suficientemente explotado precisamente por la falta de conocimiento de su valor nutricional, a la vez tenemos muy pocas empresas nacionales dedicadas a este cultivo, la mayoría de empresas que expenden este producto lo adquieren en el exterior de países dedicados al cultivo extendido donde en su mayoría no cumplen con la calidad ni con la inocuidad requerida.

2.2 Formulación De Problemas

2.2.1 Problema general.

- ¿Es viable técnica – económicamente un cultivo de spirulina (*Arthrospira platensis*) artesanal para autoconsumo en la provincia de Pisco?

2.2.2 Problemas específicos.

- ¿Las condiciones ambientales de la provincia de Pisco son aptas para el cultivo de spirulina?
- ¿La tecnología artesanal a utilizar es suficiente para poder obtener una cosecha que cumpla con satisfacer nutricionalmente el autoconsumo?

- ¿Es viable económicamente para las personas de la provincia?

2.3 Delimitación Del Problema

- **Delimitación espacial o geográfica.**

La ubicación del problema se centrara en la provincia de Pisco, analizando el efecto de sus condiciones ambientales con el cultivo además de demostrar la posibilidad de que sus habitantes puedan desarrollar el cultivo.

- **Delimitación temporal.**

El proyecto de tesis se realizará en un lapso de 5 meses.

- **Delimitación social.**

Sera netamente estudio a la producción de spirulina en la ciudad de Pisco.

- **Delimitación conceptual.**

- ✓ Campo: Evaluación de proyectos.
- ✓ Área: Cultivos acuícolas – micro algas
- ✓ Aspecto: Estudio técnico, manufactura, estudio económico, harina de spirulina.

2.4 Justificación E Importancia De La Investigación

2.4.1 Justificación.

Nuestro proyecto de análisis técnico y económico de un cultivo de spirulina (*Arthrospira platensis*) se enfocará en el análisis para determinar la viabilidad de un cultivo para autoconsumo en nuestra provincia ya que cuenta con un clima apropiado para su desarrollo, además que es un cultivo artesanal que puede estar al alcance de los pobladores de nuestra provincia brindando todos sus beneficios nutricionales.

En la situación actual se necesita productos naturales que cumplan con la función de proveer un alto valor nutricional que refuerce nuestro sistema inmunológico, pero los suplementos

nutricionales en el país y en el mundo no están al alcance de la mayoría por los elevados precios es por ello que brindamos una alternativa de cultivo para la spirulina, demostrando su calidad nutricional además de la viabilidad con respecto a la spirulina que se expende comercialmente.

2.4.2 Importancia.

Nuestro proyecto de investigación servirá para que cualquier persona sin necesidad de tener conocimientos complejos de ciencias pueda cultivar su propia spirulina para obtener todos sus beneficios nutricionales y mejorar su sistema inmunológico.

2.5 Objetivo De Investigación

2.5.1 Objetivos generales.

Realizar un análisis técnico económico para la implementación de un cultivo artesanal de spirulina en los hogares de la provincia de Pisco para que puedan complementar su alimentación con las bondades nutricionales que brinda esta micro alga.

2.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar que las condiciones ambientales de la provincia de Pisco favorece al cultivo de la spirulina.
- Recopilar los datos del desarrollo del cultivo artesanal para estandarizar técnicamente los procesos que se tiene que cumplir para su viabilidad.
- Realizar un análisis proximal de la cosecha. (Humedad, ceniza, grasa, proteínas, etc.) para determinar el beneficio nutricional que nos puede brindar.
- Establecer el potencial de personas que cuenten con las facilidades para poder desarrollar el cultivo artesanal en la provincia.

- Determinar los insumos, materiales, instrumentos y equipos necesarios que se necesiten para el cultivo y el procesamiento de harina de spirulina además de asegurarnos que sean de fácil de adquisición en la provincia de Pisco.
- Obtener la viabilidad económica del procesamiento, basado en la inversión económica inicial, costos totales y costos medio de producción.

2.6 Hipótesis De Investigación

2.6.1 Hipótesis general.

- **Ha:** Es viable la producción de spirulina de forma artesanal para autoconsumo en la provincia de Pisco.
Ho: No es viable la producción de spirulina de forma artesanal para autoconsumo en la provincia de Pisco.

2.6.2 Hipótesis específicas.

- **Ha:** El clima de la provincia de pisco influye en el crecimiento y adaptación de la spirulina.
Ho: El clima de la provincia de pisco no influye en el crecimiento y adaptación de la spirulina.
- **Ha:** Los insumos, materiales, equipos y maquinaria son de fácil acceso para las personas de la provincia de pisco.
Ho: Los insumos, materiales, equipos y maquinaria no son de fácil acceso para las personas de la provincia de pisco.
- **Ha:** La inversión inicial y los costos de producción están al alcance de personas económicamente activas en la Provincia de Pisco.

Ho: La inversión inicial y los costos de producción no están al alcance de personas económicamente activas en la Provincia de Pisco.

2.7 Variables De Investigación

2.7.1 Identificación de variables.

- **Variable independiente:** Cultivo artesanal y procesamiento de la spirulina.
- **Variable dependiente:** Viabilidad económica del autoconsumo de spirulina.

2.7.2 Operacionalización de variables.

Tabla 8 Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	INDICE
Cultivo artesanal y procesamiento de la spirulina	Conocimiento de la spirulina	Beneficios nutricionales	% Proteína
			Sistema inmune
		Tecnología del cultivo	Escalado
			Cultivo artesanal
		Materiales e insumos	Medio de cultivo
			Sistemas
	Producción de spirulina	Concentración g/ltr	g/ltr
		Cosecha: Peso húmedo Peso seco	Kg
Gr			
Viabilidad económica del autoconsumo de spirulina	Inversión económica inicial	Inversión tangible	Materiales
			Equipos y maquinaria
		Inversión intangible	Asesoría
	Imprevistos		
	Costo de producción	Costo fijo	Energía eléctrica
		Costo variable	Agua y alcantarillado
			Medio de reposición
Costo total	Costo fijo + costo variable		

Fuente: Propia.

III. Estrategia Metodológica.

3.1 Tipo, Nivel Y Diseño De Investigación

- **Tipo de investigación.**

Este tipo de investigación es de tipo observacional ya que no se influyó de manera intencional en alguna variable, siendo su planificación en la toma de datos prospectivos porque se trabajó con los datos obtenidos durante la investigación, siendo su interés por las variables de manera analítica en los resultados obtenidos.

- **Nivel de investigación.**

En nivel de la investigación es explicativa o causal ya que recopilamos la información y relacionamos con los datos obtenidos durante nuestra investigación para dar una explicación objetiva.

- **Diseño de investigación.**

Es un diseño no experimental ya que las variables independientes no pueden ser modificadas ni influir sobre ellas o sus efectos.

3.2 Población Y Muestra Materia De Investigación

- **Población de estudio**

Es el conjunto total de personas que poseen características en común en un lugar y momento en la provincia de pisco.

- **Muestra de estudio.**

Representa la parte de la población que cuenta con acceso a la red de agua y alcantarillado en su vivienda, que cuente con posibilidades económicas además de un interés en mejorar su alimentación.

IV. Técnicas E Instrumentos De Investigación

4.1 Técnica De Recolección De Datos

Para la base teórica se utilizó la síntesis bibliográfica para recolectar información de trabajos que anteriormente se realizaron en este ámbito y nos ayuden al mejor análisis del proyecto.

En el cultivo de spirulina la técnica utilizada fue la observación estructurada ya que utilizamos instrumentos estandarizados para medir las variables tanto independientes como dependientes

La frecuencia de medición de las variables en el cultivo se realizó tres veces al día en intervalos de ocho horas durante todo el tiempo que dure el proyecto esto sirvió para poder tener una base de datos considerable para analizar el buen desenvolvimiento del cultivo frente a las condiciones climáticas de nuestra provincia.

4.2 Instrumento De Recolección De Datos

- Libros, revistas científicas, tesis de investigación.
- Libreta de observación.
- Termómetro.
- Disco sechi.
- Balanza de laboratorio.

4.3 Técnicas De Procesamiento, Análisis E Interpretación De Datos

4.3.1 Ubicación del experimento.

La obtención del deshidratado de micro alga Spirulina sp fue realizado en las instalaciones de la facultad de ingeniería pesquera y alimentos, y en el laboratorio de biología perteneciente a la escuela profesional de ingeniería pesquera perteneciente a la universidad nacional San Luis Gonzaga de Ica. Los análisis y determinaciones bioquímicas y nutricionales fueron realizados en el laboratorio de evaluación nutricional de alimentos perteneciente a la facultad de zootecnia de la Universidad nacional agraria La Molina.

4.3.2 Materia prima, equipos y materiales.

- *Materia prima.*

- ✓ Inoculo de spirulina

Cantidad: 6 Litros

Concentración: 0,92 g/Ltr

- *Equipos e instrumentos y materiales.*

- ✓ Acuario.

Material: vidrio

- ✓ Fluorescente.

Marca: Philips

Modelo: Tld – 18 w/840

Potencia: 18 w

Largo: 60 cm

Voltaje: 220 – 240 v

- ✓ Maquina difusora de aire para

acuuario. Marca: Aim A350

Voltaje: 220 v

Frecuencia: 60 HZ

Potencia: 1.8 W

- ✓ Piscina estructural.

Marca: Bestway

Dimensiones: 228 cm, largo x 159 cm, ancho x 42 cm, alto

Material: PVC reforzado con nylon más estructura de acero

Capacidad: 1220 Ltr

- ✓ Bomba de filtrado.

Marca: Bestway

Modelo: 330 gl.

Material: Carcasa de PVC

Potencia: 45 w

Voltaje: 220 – 240 v

- ✓ Termómetro digital.

Marca: ISC. Corporation.

Modelo: Pencil
wer45 Rango de medición: -50 °C a +300 °C (-58 °F a +572 °F).

Modelo: Pencil

- ✓ Microscopio.

Modelo:

Marca:

- ✓ Secador solar.

Material: Madera.

- ✓ Molino coloidal.

Modelo: 2 AE/S N 2017, Maschinen-U. Apparatebau.

✓ Balanza analítica. Capacidad: 160 g. Modelo: Mod. 415 Mettler.	Sensibilidad: 0.001 g.
✓ Pipeta. Material: Vidrio	Capacidad; 10 ml
✓ Becker. Material: Vidrio	Capacidad: 150 ml
✓ Botellas. Material: Plástico	Capacidad: 7 Ltr
✓ Bidón. Material: Plástico	Capacidad: 50 Ltr
✓ Hipodérmica. Material: Plástico	Capacidad: 100ml

- ***Insumo y reactivos.***

Agua. Para la preparación del medio de cultivo, se utilizó de la red potable y para bajar el nivel de cloro se utilizó de un día parra para otro con la finalidad de que el agua airee.

Carbonato de sodio. Se utilizó para bajar la dureza del agua que hemos empleado, se adicono 0.01 gr por litro de agua.

- Bicarbonato de sodio
- Nitrato de potasio
- Sulfato de potasio
- Sal de mar
- Ácido fosfórico
- Sulfato ferroso
- Sal de Epson

4.3.3 Descripción del cultivo de spirulina.

- ***Obtención del inoculo.***

El inoculo de Spirulina sp. Utilizada para llevar a cabo este trabajo fue donado por el ingeniero Miguel Castro la donación fue de 6 Ltr en concentración de 0.92 g/Ltr.

- **Preparación de medio de cultivo.**

En esta investigación se trabajó con un medio de cultivo experimental llamado Jean paúl Jordán modificado Proporcionado por el In. Miguel Castro Rosas

Tabla 9 Medio de cultivo Jean Paúl Jordán modificado

MEDIO DE CULTIVO JEAN PAÚL JORDÁN MODIFICADO				
NOMBRE	FORMULA	1000 Ltr	100 Ltr	50 Ltr
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	10 Kg	1 kg	500 gr
Nitrato de potasio	KNO ₃	2 Kg	200 gr	100 gr
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	1Kg	100 gr	50 gr
Sal de mar	CINa	4 Kg	400 gr	200 gr
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	100 gr	10 gr	5 gr
Sulfato ferroso	FeSO ₄	5 gr	0.50 gr	0.25 gr
Sal de Epson	MgSO ₄	100 gr	10 gr	5 gr

Fuente: In. Miguel Castro Rosas

De acuerdo a la tabla del medio de cultivo se tomó como referencia para preparar nuestro medio de acuerdo al comportamiento del escalado de nuestro cultivo y la decisión se tomaba de acuerdo a la transparencia de ese momento.

- **Diseño del sistema de cultivo.**

El cultivo se realizó en dos partes:

Cultivo en acuario. Fue realizado en la facultad de Pisco playa donde nos instalamos con el acuario que estaba al lado de la ventana traslucida para que hubiera incidencia de luz solar; evitando cambios drásticos de temperatura o temperatura bajas en las noches, el acuario se protegió con vidrios encima para asimilar el efecto invernadero además de ser un protector contra los bichos o cualquier insecto, se instaló un fluorescente de 18 W a una altura de 40 cm para iluminar y aumentar la temperatura de dicha área, además de acelerar el crecimiento biológico de la *Spirulina* sp para la oxigenación se utilizó una bomba de aire de pecera el burbujeo permite agitar el cultivo.



Ilustración 13 Cultivo en acuario

Fuente: Propia

Cultivo en piscina estructurada. Se realizó en la parte superior de las oficinas administrativas de la facultad, nos instalamos con la piscina estructurada previamente forrada con plástico traslucido de 3 mm para evitar el contacto directo del cultivo con el forro de la piscina para no contaminar con algún químico del material empleado, se cubrió con el mismo plástico para asimilar el efecto invernadero y aumentar la temperatura, se utilizó una bomba de recirculación de agua para poder oxigenar el cultivo, el sistema de oxigenación se produce mediante mangueras de plástico teniendo una bocatoma de entrada que va directamente al cultivo mientras que de la salida se encuentra a una altura de 20 cm del este permitiendo oxigenar mediante la gravedad.



Fuente: Propia



Ilustración 14 Cultivo en piscina estructurada

Toma de muestras. Fueron tomadas todos los días en intervalos de 8 horas, el primer muestreo se llevó a cabo después de mezclar el inóculo con el medio de cultivo, cada muestreo fue de 100 ml, sacando 4 muestras de cultivo y su duplicado.

✓ Temperatura ambiental y del cultivo.

✓ Transparencia.

✓ Potencial de hidrogeno (PH).

Cosecha. La cosecha se realizó cuando la transparencia del cultivo se encontraba menor a 3 cm, y para esto se utilizó bandejas con tela Pongee que mediante la bocatoma de bomba filtradora se cosecho la spirulina húmeda.



Ilustración 15 Cosecha de la spirulina
Fuente: Propia

4.3.4 Descripción del procesamiento de spirulina.

Prensado. Se realizó el prensado con la misma tela poliseda blanca estrujando el contenido y retirando la mayor parte de agua de la spirulina, ya cuando la masa era retirada fácilmente de la tela ya estaba debidamente prensada



Ilustración 16 Spirulina seca o prensada
Fuente: Propia

Formación de hebras. Después del prensado la masa se introdujo poco por poco a la hipodérmica para poder moldear en hebras de 2 mm de espesor en las bandejas del secador solar.



Ilustración 17 Spirulina seca
Fuente: Propia

Secado. El secado de la biomasa se realizó en el secador solar perteneciente al laboratorio de la escuela, se empleó un tiempo de secado de 24 horas.

4.3.5 Determinación del análisis proximal

La muestra fue de 500 gr de nuestra spirulina ya seca el cual se realizó la molienda para poder realizar los análisis:

- Agua- humedad.
- Determinación de ceniza – minerales.
- Determinación de proteína total (Método semi micro Kendall).
- Determinación de grasa total extracto etéreo (Método Soxhlet).
- Determinación de fibra cruda
- Calculo del extracto libre de nitrógeno

V. Presentación, Interpretación Y Discusión De Resultados

5.1 Presentación E Interpretación De Resultados

5.1.1 Resultados del análisis técnico experimental.

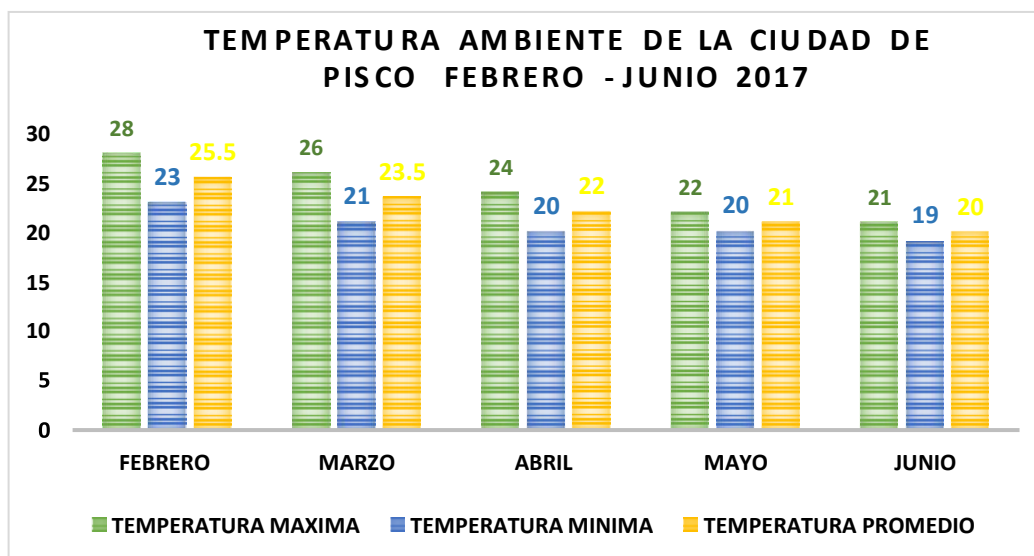
- *Valores meteorológicos.*

Las condiciones meteorológicas durante el desarrollo del ensayo se presentan a partir de los datos obtenidos en el mismo lugar donde se ejecutó, el promedio de los datos se puede observar en la tabla N° 9 y en el gráfico N° 2.

Tabla 10 Temperatura ambiente durante el cultivo

MES	TEMPERATURA		
	MAXIMA	MINIMA	PROMEDIO
FEBRERO	28	23	25.5
MARZO	26	21	23.5
ABRIL	24	20	22
MAYO	22	20	21
JUNIO	21	19	20

Fuente: Propia



Gráfica 1 Temperatura ambiente durante el cultivo

Fuente: Propia

Interpretación. Se puede observar que se puede observar que la variación de la temperatura promedio fue entre 25.5 °C y 20 °C, presentándose los mayores valores a inicio del ensayo y las menores al final. La temperatura máxima en promedio fue en el mes de febrero y el mínimo en el mes de junio.

- **Valores del escalado del cultivo.**

Al obtener el inóculo se realizó el crecimiento de la spirulina en los meses de febrero y marzo se llevó a cabo en un acuario con su sistema de burbujeo y luz artificial.

Tabla 11 Parámetros del inóculo spirulina sp

SPIRULINA MAXIMA			
PH	TRANSPARENCIA	CONCENTRACION	COLOR
9	1.2 cm	0.92 g/Ltr	Verde floresta

Fuente: Propia

Se mezcló los 6 Ltr de inóculo con el medio de cultivo, sucesivamente se fue añadiendo medio de cultivo siempre y cuando las condiciones del cultivo lo necesiten para aumentar el volumen, controlando los parámetros.

Tabla 12 Comparación Litros añadidos vs temperatura ambiente

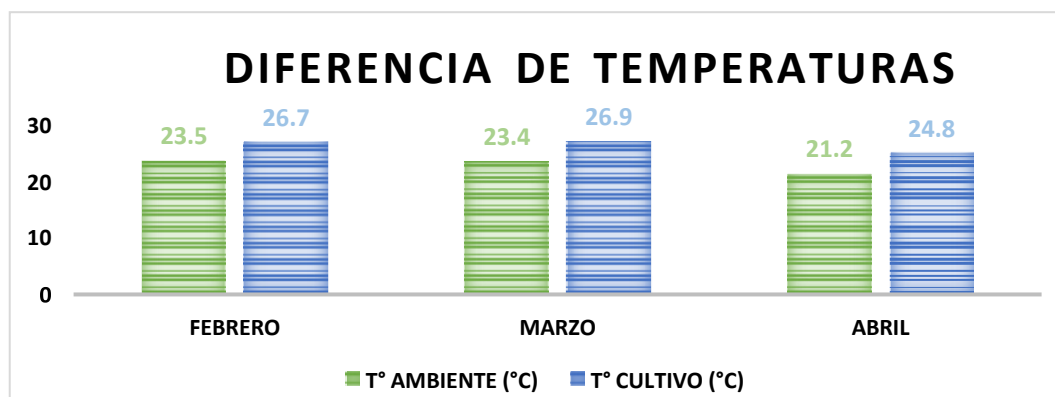
CULTIVO	MES	AÑADIDO (Ltr)	T° AMBIENTE (°C)	T° CULTIVO (°C)	PH	TRANSPARENCIA (Cm)
ACUARIO	FEBRERO	19	23.5	26.7	9	5
ACUARIO	MARZO	181	23.4	26.9	9	4.5
PISCINA	ABRIL	800	21.2	24.8	9	1.2

Fuente: Propia

Interpretación. Como se observa en la tabla N° 15 la adición de medio de cultivo fue menor que en los demás meses esto se debe que la spirulina debía aclimatarse al nuevo medio de cultivo y las condiciones ambientales que presenta la provincia ya que si procedíamos a aumentar el cultivo de forma exponencial corríamos riesgo de que la spirulina se estrese y que perdiéramos el cultivo.

El PH del cultivo mantuvo un promedio de 9 se mantuvo alcalino que es lo que necesita el cultivo, la transparencia se tubo entre 5 cm en el escalamiento y se mantuvo en un promedio de 1.2 cm al comenzar el proceso de cosecha.

En el mes de abril se añadió el 80.5 % de medio de cultivo experimental porque la spirulina estaba climatizada tanto a su medio como la temperatura.



Gráfica 2 Diferencia de temperatura ambiente y temperatura del cultivo

Fuente: Propia

Interpretación. En el análisis de la temperatura ambiente y la temperatura del cultivo, se observó que la temperatura del cultivo va ser mayor en una proporción de 3.2 °C a 3.6°C.

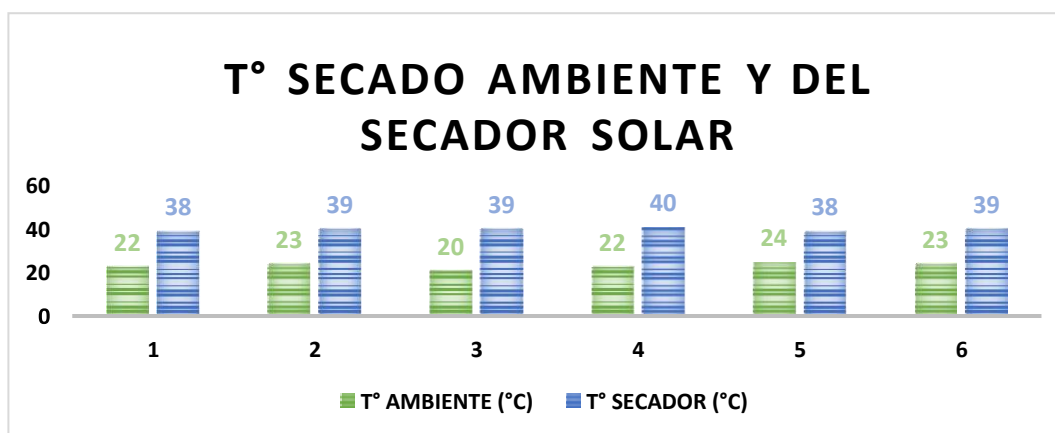
- **Valores de la cosecha y el proceso de secado.**

La extracción de la spirulina se realizó mediante el proceso de filtración para ello se utilizó la bomba y la tela crepe después se utilizó una hipodérmica para formar hebras en las fuentes del secador

Tabla 13 Análisis de cosecha

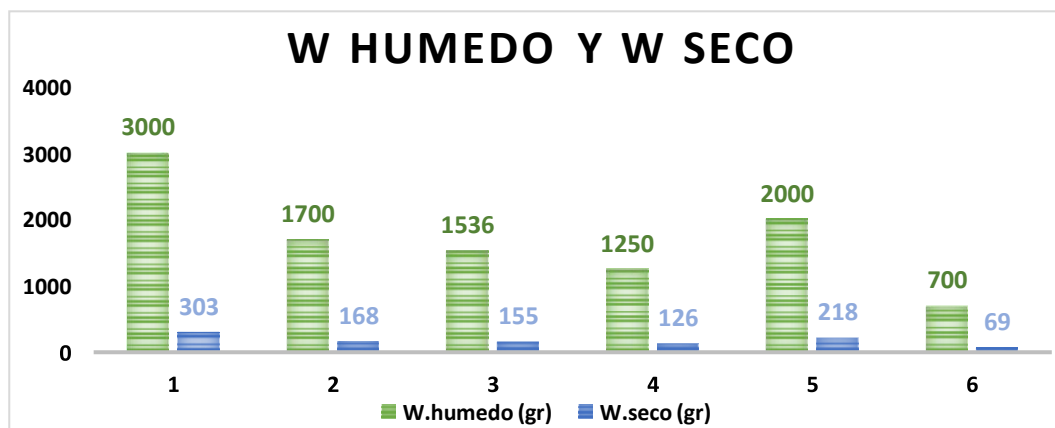
COSECHAS (N°)	T° AMBIENTE (°C)	W. Húmedo (gr)	T° SECADOR (°C)	W. Seco (gr)	TIEMPO DE SECADO (Hrs)	% w. seco (%)
1	22	3000	38	303	24	10.1
2	23	1700	39	168	24	9.9
3	20	1536	39	155	24	10.1
4	22	1250	40	126	24	10.1
5	24	2000	38	218	24	10.9
6	23	700	39	69	24	9.9
PROMEDIO (T°, %H)	22.3	X	38.8	X	24	10.2
TOTAL (W)	X	10186	X	1039	X	X

Fuente: Propia



Gráfica 3 Diferencia de la temperatura ambiente y la de

secado Fuente: Propia



Gráfica 4 Peso húmedo y peso seco

Fuente: Propia

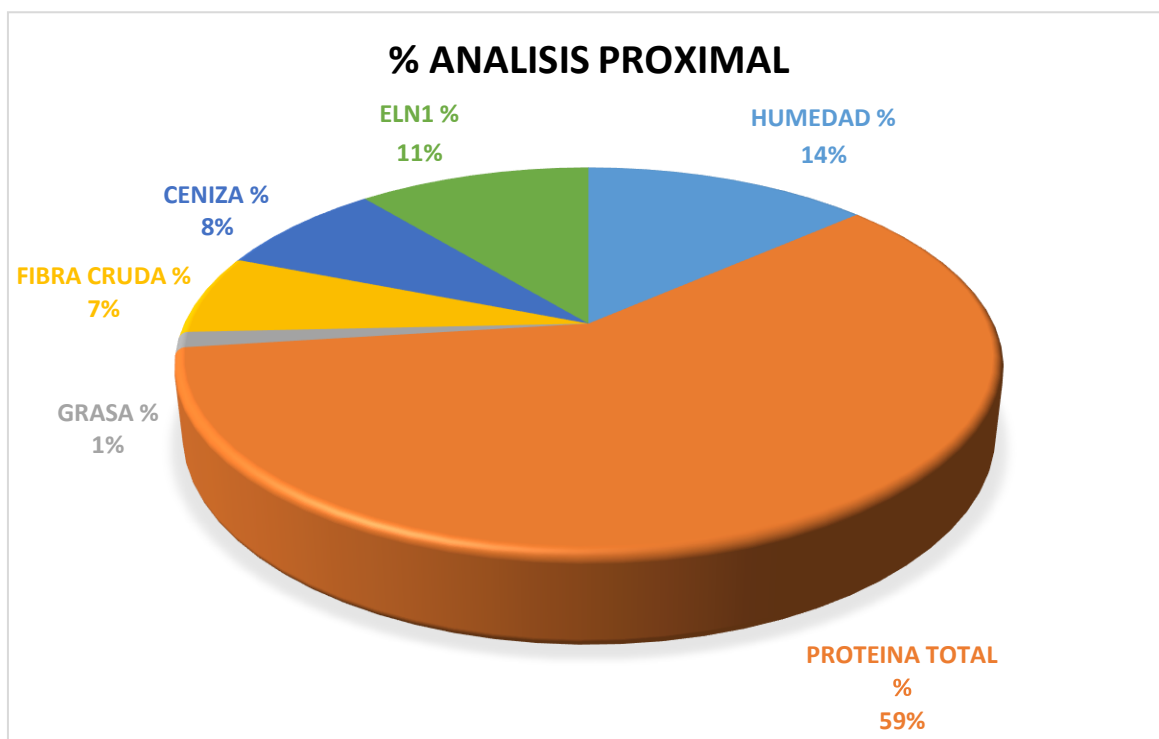
Interpretación. En la gráfica N° 6 la temperatura del secador solar fue mayor lo que permitió eliminar la humedad, el promedio del secador fue de 38.8 °C contra un 22.3 °C un 42.5 % más. Observando en la gráfica N° 7 el peso seco es el 10% (1039 gr) del peso húmedo (10186 gr), podemos deducir que el porcentaje promedio de w seco es del 10.2 %.

- **Valores del análisis proximal.**

Tabla 14 Análisis proximal

ANALISIS	REPLICA 1	REPLICA 2	PROMEDIO
HUMEDAD %	13.51	13.49	13.5
PROTEINA TOTAL %	59.41	59.56	59.49
GRASA %	1.24	1.36	1.30
FIBRA CRUDA %	6.61	6.78	6.70
CENIZA %	8.00	8.10	8.05
ELN1 %	11.23	10.71	10.97

Fuente: Propia



Gráfica 5 Análisis proximal

Fuente: Propia

Interpretación. Como podemos observar la mayor parte es de la proteína con un 59.9 % siendo un poco menor a lo deseado, el contenido de proteico menor de 60 % se debe al contenido de humedad que presenta esta elevado y como todos sabemos estos son directamente enlazados, La humedad cuenta con un 14 % debido que no se realizó un correcto proceso de secado.

- **Valores de los minerales más importantes.**

Tabla 15 Análisis de minerales

ANALISIS	REPLICA 1	REPLICA 2	PROMEDIO
CALCIO %	0.08	0.06	0.07
FOSFORO %	0.73	0.73	0.73
HIERRO %	65.95	64.18	65.07
OTROS %	-	-	34.14

Fuente: Propia

Interpretación. Como se observa el hierro es el mineral que predomina en la spirulina y el calcio con un 0.07 es el mineral que menos hemos encontrado en este análisis

5.1.2 Resultados del estudio de viabilidad técnica.

- *Proceso productivo.*

Se tomara como base el estudio técnico realizado anteriormente, esta contara con las siguientes etapas: cultivo, filtrado, prensado, secado y envasado. El cultivo comprenderá también la etapa de escalado.

La pasta de spirulina se formara a hebras tipo fideos para poder secarlo de una manera más eficiente, finalmente el producto se molera para poder obtener una harina de spirulina que será nuestra presentación.

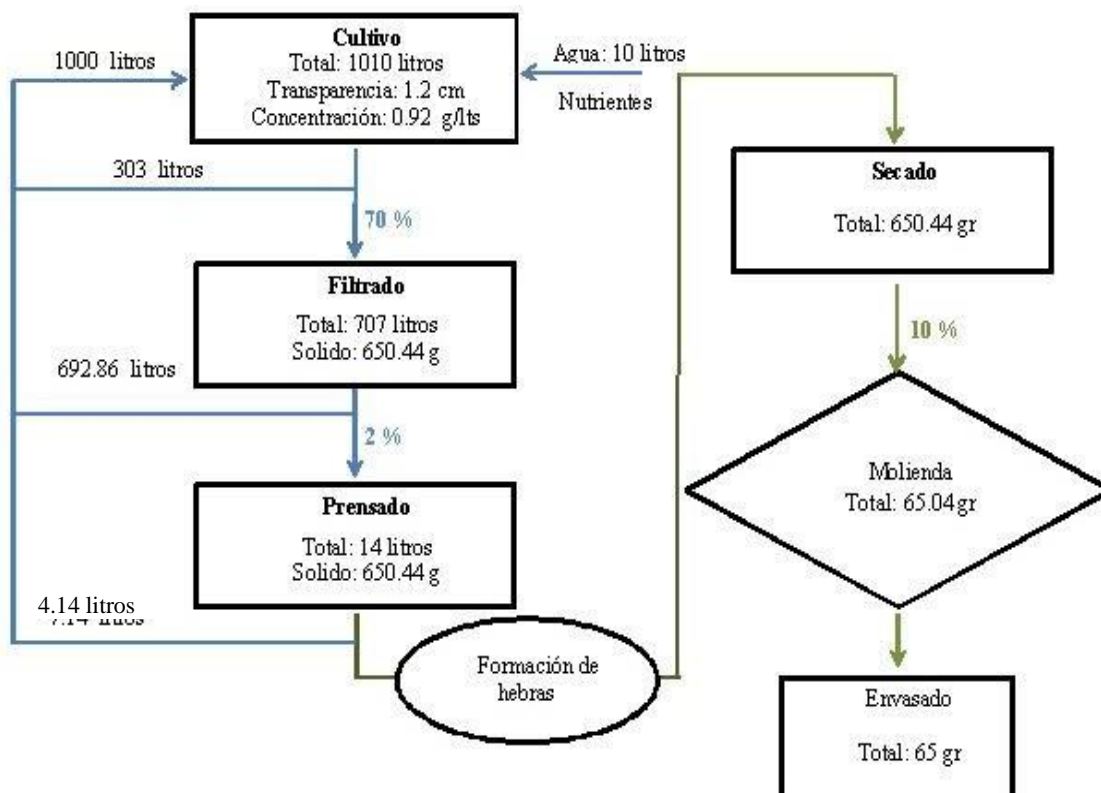


Diagrama 2 Balance de materia del cultivo de spirulina Fuente: Propia

Cultivo. Los equipos y materiales a utilizar para el escalado será un acuario con las dimensiones de 100 cm x 60 cm x 60 cm que nos servirá para un escalamiento de 300 litros de

cultivo, además de una bomba difusora de aire de acuario para la agitación del cultivo mediante burbujeo, esta bomba de pecera debe tener sus componentes necesarios para la agitación (manguerilla y llaves). En esta etapa para un escalado de mayor rapidez se utilizara un fluorescente durante la noche.

Para completar nuestro cultivo de 1010 litros necesitaremos una piscina estructurada de material de PVC con nylon reforzado que le da una buena resistencia y cuenta con una estructura de acero, esta se forrara con plástico de polietileno transparente, Para la agitación del cultivo se utilizara la bomba de recirculación de la piscina obteniendo la agitación mediante gravedad. Finalmente se tapara el cultivo para darle el efecto de invernadero y protección de los contaminantes externos

Para el cultivo necesitamos los nutrientes y fertilizantes detallados en la tabla N que pertenece al medio de cultivo Jean Paúl Jordán modificado y teniendo un inóculo para poder realizar el escalado.

Cada nutriente cumple un rol diferente en la composición del medio del cultivo que se muestra en la composición.

- ✓ Carbonato de sodio y bicarbonato de sodio: Se usan para mantener un pH alcalino.
- ✓ Nitrato de potasio: Provee de nitrógeno y de potasio (dos nutrientes esenciales).
- ✓ Sulfato de potasio: Provee de potasio libre de cloruro.
- ✓ Cloruro de sodio (sal): Proporciona los iones sodio y cloro (ninguno de los dos indispensables).
- ✓ Ácido fosfórico. Aporta fósforo y su acción desincrustante y precipitación.
- ✓ Sulfato Ferroso: Aporta Hierro, fundamental para el crecimiento del cultivo.
- ✓ Sal de Epson: Aporta magnesio al cultivo lo que favorece la absorción de los nutrientes.

- ✓ Urea: aporta nitrógeno en altas cantidades.
- ✓ Fosfato mono amónico: Aporta los elementos nutritivos de nitrógeno y fosforo en una forma que el cultivo lo pueda aprovechar.
- ✓ Cal: Ayuda a prevenir plagas y aporta calcio a nuestro cultivo.

A continuación detallamos la necesidad de nutrientes tanto como el cultivo inicial como para la reposición

Fertilizantes para el cultivo inicial:

Tabla 16 Medio de cultivo JEAN PAÚL JORDÁN MODIFICADO

NOMBRE	FORMULA	1000 Ltr
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	10 Kg
Nitrato de potasio	KNO ₃	2 Kg
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	1Kg
Sal de mar	CINa	4 Kg
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	100 gr
Sulfato ferroso	FeSO ₄	5 gr
Sal de Epson	MgSO ₄	100 gr

Fuente: Jean Paúl Jordán

Fertilizantes después de 1 kg de spirulina seca cosecha:

Tabla 17 Jean Paul Jordán sustitución de nutrientes por 1 Kg de cosecha.

FERTILISANTE	GR
Urea	300
Fosfato mono amónico	50
Sulfato de potasio	40
Cal	10
Sulfato ferroso	50

Fuente: Jean Paúl Jordán

El inóculo de spirulina con pocos filamentos rectos, para esto se decidió obtenerlo del proyecto Inti Pacha microalgas que brinda la posibilidad de asesoramiento, siendo ellos especialistas en el cultivo artesanal.

Para el control de parámetros se monitorea la temperatura para evitar la mortalidad de nuestro cultivo, el PH que nos brindara el potencial de hidrogeno que siempre este alcalinamente, la

transparencia es muy importante para decidir el momento de la cosecha y saber cuántos g/l tenemos en nuestro cultivo.

Cosecha. Del sistema de recirculación se tomara la bocatoma de salida de la bomba para filtrar el cultivo en un colador el cual estará recubierto con una tela... el cual permitirá que la masa de spirulina pueda quedarse en la tela y el medio regrese al cultivo para aprovechar los nutrientes.

Prensado. Se realiza directamente en la tela Pongee estrujando de manera manual la pasta de spirulina hasta retirar el sobrante del medio de cultivo hasta observar que la masa de spirulina se desprende fácilmente de la tela , para esta etapa se utiliza una tina o bandeja pequeña donde pondremos la pasta de spirulina ya prensada .

Formación a hebras. Se formara hebras tipo fideo para asegurar un secado más eficiente, esto lo vamos a lograr juntando la pasta de spirulina en hipodérmica y formándolas en las bandejas del secador solar.

Secado. Para el secado podemos construir de manera artesanal un secador solar de madera que nos será útil.

Molienda. Con la cosecha ya seca se procederá a introducir a la molienda, se recomienda que el molino sea de un material que no sea corrosivo y de fácil limpieza.

Envasado Para una mejor conservación adquirir bolsas de aluminio ya que la spirulina se tiene que conservar herméticamente por ser hidrosopica puede absorber la humedad del ambiente.

- *Capacidad objetivo y Dimensionamiento del proceso.*

Se toma de base la productividad de 0.92 gr/Ltr para eso la transparencia del cultivo en el momento de la cosecha tendrá que ser de 1.2 cm, luego se calculara el 70 % del cultivo para

filtrar y así extraer en primera instancia la masa de spirulina húmeda, se recomienda solo esa cantidad para poder asegurar la óptima reproducción del alga para la siguiente cosecha.

Para el dimensionamiento de nuestro cultivo vamos a tomar datos para obtener 1,018 kg de spirulina para eso teniendo como dato que nuestro sistema nos brinda 0.065 kg por cosecha para esto necesitaríamos 16 cosechas, para mantener el buen desarrollo de nuestro cultivo la cosecha debe de ser cada 3 días, esto significa que el tiempo necesario será de 47 días.

Tabla 18 Dimensionamiento del proceso.








Proceso	Cantidad de equipos	Entrada	Salida
Cultivo	2	-	10,873 Ltr
Filtrado	1	10,873 Ltr	215.32 Ltr
Prensado	-	215.32 Ltr	10003 gr
Secado	1	10003 kg	1003
Molido	1	1003 kg	1,018 kg
Envasado	-	1,018 kg	-

Fuente: Propia

- *Características de materiales, maquinaria, equipos e insumos.*






✓ Cultivo:

Tabla 19 Materiales del cultivo.

Materiales	Dimensiones	Material	Utilidad	Foto
Galoneras	Capacidad: 6 Ltr	Plástico	Transportar el inóculo de spirulina para el escalado.	 Fuente: (mercadolibre, 2009)
Manguerilla de acuario	2 m de largo, Ø: 5 mm	Silicona	Transportar el aire al acuario para el burbujeo y oxigenación.	 Fuente: (fullventas, 2011)
Balde	Capacidad: 20 Ltr	Plástico	Transportar el medio de cultivo preparado para el acuario o piscina.	 Fuente: (faen, 2011)
Tacho	Capacidad: 20 Ltr	Plástico	Reposar el agua que vamos a utilizar para nuestro cultivo.	 Fuente: (mercadolibre, 2014)
Llave de acuario	Ø: 5 mm	Plástico	Poder controlar la inyección de aire a nuestro cultivo en acuario.	 Fuente: (mercadolibre, 2016)
Soguilla	Ø: 5 mm	Plástico	Ajuste del plástico con la piscina.	 Fuente: (hiltrenton, 2018)
Plástico	5 m largo	Polietileno	Cubrir la piscina y tapar el cultivo para darle la forma de invernadero.	 Fuente: (olx, 2020)


Fuente: propia

Tabla 20 Equipos del cultivo.

Equipo	Dimensiones	Material	Utilidad	Foto
Iluminación	Potencia : 15 W Tipo: LED	Policarbonato	Iluminar para desarrollo del cultivo.	 Fuente: (promart, 2019)
Maquina difusora de aire	Voltaje: 220 V Potencia: 1.8W	Forro PVC	Oxigenar el cultivo de escala.	 Fuente: (virtuallfish, 2020)
Acuario	100x 60x 60 cm Volumen : 300 Ltr	Vidrio	Recipiente utilizado para el escalamiento y aclimatación del cultivo.	 Fuente: (plantasacuario, 2019)
Piscina estructural	221x150x 43 cm Volumen: 1200 litros	PVC reforzado con nylon más estructura de acero	Recipiente final de nuestro cultivo.	 Fuente: (promart, 2020)
Bomba filtradora	Voltaje : 220 - 240 V Potencia : 45 W	Forro de PVC	Recirculación del cultivo para su oxigenación.	 Fuente: (promart, 2020)


Fuente: propia

Tabla 21 Materia prima.

Material	Cantidad	Utilidad	Foto
Inoculo de spirulina	6 Ltr	Permite el escalonamiento del cultivo.	 Fuente: (teregroup, 2018)




Fuente: Propia

Tabla 22 Material para toma de muestra.

Material	Medida	Utilidad	Foto
Vaso precipitado	Capacidad: 100 ml	Muestrear el cultivo para los parámetros.	 Fuente: (didacta, 2018)

Fuente: Propia

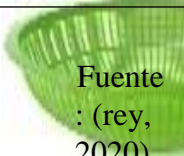
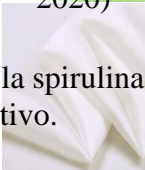
Tabla 23 Equipo de control

Equipo	Medida	Utilidad	Foto
Termómetro digital	Rango de -49 a 199 c	Controlar parámetro del cultivo.	 Fuente: (ventaterm, 2020)
Tiras de papel para PH	Propia	Controlar el potencial de hidrogeno.	 Fuente: (mercadolibre, 2019)
Disco sechi	Propia	Saber los g/l en nuestro cultivo.	 Fuente: (amazon, 2020)

Fuente: Propia

✓ Proceso:


Tabla 24 Material para cosecha.

Material	Medidas	Material	Utilidad	Foto
Colador	1.28x63.9 cm Diámetro: 27.2 cm	Plástico	Permitir el desplazamiento del medio al cultivo.	 Fuente : (rey, 2020)
Tela Pongee	Peso: 4,5 mm Medida:90cm	Seda Pongee	Filtrar la spirulina del cultivo.	

Fuente :



Fuente: Propia

Tabla 25 Material para prensado.

Materiales	Medidas	Material	Utilidad	Foto
Bandeja	32.2x22,2x2.6 Cm	Plástico	Depositar la pasta de spirulina ya prensada.	 Fuente: (plasticosrey, 2020)


Fuente: Propia

Tabla 26 Material para formado de hebras.

Material	Medidas	Material	Utilidad	Foto
Cuchara	Propia	Acero inoxidable	Introducir la pasta de spirulina en la hipodérmica.	 Fuente: (cuchillalia, 2019)
Hipodérmica	5ml	Plástico	Formar la pasta de spirulina a hebra.	 Fuente: (eberest, 2020)


Fuente: Propia

Tabla 27 Equipo de secado

Equipo	Material	Utilidad	Foto
Secador solar	Madera, vidrio, malla mosquitera, latas.	Secar la spirulina.	 Fuente: (ecoinventos, 2008)


Fuente: Propia

Tabla 28 Equipo de molienda

Equipo	Medidas	Material	Utilidad	Foto
Molino	18x24x9.4 Cm	Acero inoxidable	Moler la spirulina seca.	 Fuente: (ebay, 2020)

Fuente: Propia

Tabla 29 Material para envasado

Material	Medidas	Material	Utilidad	Foto
Bolsa	40 x15 Cm	Aluminio	Conservar la harina de spirulina.	 Fuente: (autoproteccion, 2018)

Fuente: Propia

5.1.3 Resultados de viabilidad económica

- *Objetivo de mercado.*

Las personas que quieran producir su propia spirulina para un autoconsumo tienen que cumplir con la siguiente característica.

- ✓ Ser una persona que genere ingresos económicos que le permita una pequeña inversión inicial para instalar la tecnología del cultivo y comprar los fertilizantes que va necesitar después de las cosechas.
- ✓ Que cuente con el espacio necesario para instalar su cultivo, además de tener acceso a la red pública de agua potable para el desarrollo del cultivo y energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos.

Para poder saber nuestro público objetivo tomamos en cuenta los censos realizados por el INEI (instituto nacional de estadística e informática) en el 2017.

Tabla 30 Abastecimiento de agua en la provincia de Pisco

AREA # 1105

Ica, provincia: Pisco

V: Abastecimiento de agua en la vivienda	Casos	%	Acumulado %
Red pública dentro de la vivienda	31 068	77,28%	77,28%
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	4 089	10,17%	87,45%
Pilón o pileta de uso público	1 507	3,75%	91,19%
Camión - cisterna u otro similar	1 511	3,76%	94,95%
Pozo (agua subterránea)	738	1,84%	96,79%
Manantial o puquio	86	0,21%	97,00%
Río, acequia, lago, laguna	634	1,58%	98,58%
Otro	249	0,62%	99,20%
Vecino	322	0,80%	100,00%
Total	40 204	100,00%	100,00%

Fuente: (INEI, 2017)

Interpretación. Como podemos observar en la tabla N° 15 la cantidad de viviendas con red pública de abastecimiento de agua dentro de la vivienda es de 31 068 viviendas siendo el 77% en la provincia.

Tabla 31 Número de personas por edad en la provincia de Pisco

AREA # 1105 Ica, provincia: Pisco

P: Edad en años	Casos	%
Edad 24 años	2 516	1,67%
Edad 25 años	2 549	1,69%
Edad 26 años	2 290	1,52%
Edad 27 años	2 235	1,48%
Edad 28 años	2 420	1,61%
Edad 29 años	2 533	1,68%
Edad 30 años	2 498	1,66%
Edad 31 años	2 335	1,55%
Edad 32 años	2 270	1,51%
Edad 33 años	2 086	1,38%
Edad 34 años	2 282	1,51%
Edad 35 años	2 210	1,47%
Edad 36 años	2 226	1,48%
Edad 37 años	2 172	1,44%
Edad 38 años	2 030	1,35%
Edad 39 años	1 875	1,24%
Edad 40 años	2 033	1,35%
Edad 41 años	1 994	1,32%
Edad 42 años	2 010	1,33%
Edad 43 años	1 816	1,20%
Edad 44 años	1 693	1,12%
Edad 45 años	1 936	1,28%
Total	48 009	31,88%

Fuente: (INEI, 2017)

Interpretación. En la tabla N° 16 hemos tomado como muestra las personas de entre 24 años a 45 años que es rango de edad donde puede contar con ingresos económicos medianamente estables que le permitan financiar su sistema de cultivo, la cantidad de personas en el rango de esa edad en nuestra provincia es de 48 009 siendo el 31,88 % del total de las personas.

- *Inversión inicial.*

Nuestra inversión inicial se divide en las siguientes partes:

Tabla 32 Definición de variables

Inv. Tangible	Inv. Intangible
● Materiales para el cultivo	● Asesoría
● Materiales para el proceso	● Improvistos
● Equipos de control	
● Maquinaria	
● Insumos para el cultivo	
● Materia prima	

Fuente: Propia

Detallamos la inversión inicial en materiales, maquinaria, insumos e inversiones intangibles, siendo la inversión inicial de S/. 1497,20 la inversión inicial.

INVERSION INICIAL DE CULTIVO DE SPIRULINA ARTESANAL

Capacidad: 1010 Litros

Concentración: 0,92 g/Ltr

INVERSIONES TANGIBLES

a. Materiales

Cultivo				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Tacho	Unidad	1	S/. 76,90	S/. 76,90
Balde	Unidad	1	S/. 9,00	S/. 9,00
Galoneras	Unidad	1	S/. 2,00	S/. 2,00
Manguerilla de acuario	Mtrs	1	S/. 1,50	S/. 1,50
Llave de acuario	Unidad	1	S/. 1,50	S/. 1,50
Soguilla 3 mm	Mtrs	3	S/. 3,00	S/. 9,00
Plástico	Mtrs	6	S/. 3,00	S/. 18,00
Total				S/. 117,90

Proceso				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Colador	Unidad	1	S/. 6,00	S/. 6,00
Tela	Mtrs	3	S/. 2,00	S/. 6,00
Bandeja	Unidad	1	S/. 2,00	S/. 2,00
Cuchara	Unidad	1	S/. 3,00	S/. 3,00
Hipodérmica	Unidad	4	S/. 1,50	S/. 6,00
Bolsas de aluminio x 50	Unidad	1	S/. 32,00	S/. 32,00
Total				S/. 55,00

Equipos de control				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Termómetro digital	Unidad	1	S/. 35,00	S/. 35,00
Tiras de papel para ph	Mtrs	1	S/. 20,00	S/. 20,00
Disco sechi	Unidad	1	S/. 8,00	S/. 8,00
Vaso precipitado	Unidad	1	S/. 8,50	S/. 8,50
Balanza gramera	Unidad	1	S/. 40,00	S/. 40,00
Total				S/. 111,50

b. Maquinaria

Maquinaria				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Iluminación	Unidad	1	S/. 16,90	S/. 16,90
Acuario	Unidad	1	S/. 75,00	S/. 75,00
Bomba de acuario	Unidad	1	S/. 35,00	S/. 35,00
Piscina estructural	Unidad	1	S/. 289,00	S/. 289,00
Bomba filtradora	Unidad	1	S/. 89,90	S/. 89,90
Secador solar	Unidad	1	S/. 150,00	S/. 150,00
Molino manual	Unidad	1	S/. 85,00	S/. 85,00
Total				S/. 740,80

c. Insumos

Medio de cultivo				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Bicarbonato de sodio	kg	10	S/. 3,00	S/. 30,00
Nitrato de potasio	kg	2	S/. 7,20	S/. 14,40
Sulfato de potasio	kg	1	S/. 2,30	S/. 2,30
Sal de mar	kg	4	S/. 4,00	S/. 16,00
Ácido fosfórico	kg	0,1	S/. 3,50	S/. 0,35
Sulfato ferroso	kg	0,05	S/. 49,00	S/. 2,45
Sal de Epsom	kg	0,1	S/. 15,00	S/. 1,50
Total				S/. 67,00

Materia Prima				
NOMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Inoculo de spirulina	Ltrs	6	S/. 15,00	S/. 90,00
Total				S/. 90,00

INVERSION INTANGIBLE

Intangible				
DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Asesoramiento	Estudio	1	S/. 300,00	S/. 300,00
Imprevistos (15%)				S/. 15,00
TOTAL				S/. 315,00

INVERSION INICIAL

Total Inversión				
DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Inversión tangible				
a. Materiales				
Cultivo	Sistema	1	S/. 117,90	S/. 117,90
Proceso	Modulo	1	S/. 55,00	S/. 55,00
Equipo de control	Modulo	1	S/. 111,50	S/. 111,50
b. Maquinaria				
Maquinaria	Modulo	1	S/. 740,80	S/. 740,80
c. Insumos				
Medio de cultivo	Modulo	1	S/. 67,00	S/. 67,00
Materia prima	Modulo	1	S/. 90,00	S/. 90,00
Sub. Total				S/. 1.182,20
Inversión intangible				
Asesoramiento	Estudio	1	S/. 300,00	S/. 300,00
Imprevistos (15%)				S/. 15,00
Sub. Total				S/. 315,00
Total				S/. 1.497,20

■ Inv. Tangible

■ Inv. Intangible

■ Total Inversión

- *Costos de producción.*

Costos fijos. Será la energía eléctrica en la provincia de Pisco la empresa proveedora de energía eléctrica es electro dunas que para el sector urbanizado tiene una tarifa con simple medición de energía 1 E (BT5B) siendo la tarifa de S/. 0,6091 según Edelnor.

TARIFA BT5B	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S/. /mes	3,21
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/. /kW.h	44,01
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S/. /mes	3,21
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S/. /mes	13,20
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S/. /kW.h	58,68
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S/. /mes	3,33
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/. /kW.h	60,91

Ilustración 18 Tarifa BT5B. Electro dunas.

Fuente: (Edelnor, 2020)

Tabla 33 Consumo de energía eléctrica para el cultivo

Energía eléctrica					
ELEMENTO/CONSUMO	POTENCIA (KW)	HR/DIA	DIAS	CONSUMO (KW/H)	COSTO (S/.)
Iluminación	0,015	12	60	10,80	6,58
Maquina difusora de aire	0,002	24	60	2,59	1,58
Bomba filtradora	0,045	24	60	64,80	39,47
			Total	78,19	47,63

Fuente: Propia

Para nuestra inversión inicial se gasta 78,19 KW con un costo de S/. 47,63 soles esto incluye el escalado inicial en acuario y el cultivo en piscina.

Costos variables. Los costos variables para nuestro sistema de cultivo son los servicios de agua y alcantarillado, la empresa Emapisco es la empresa administradora en la provincia siendo el mes de enero del año 2016 la fecha en la que se modificó la tarifa, para el caso de consumo residencial domestico promedio de 8 a 20 m³ de agua es de S/. 0,821 y de alcantarillado es de S/. 0,340, por m³ de agua consumida.

CLASE	CATEGORIA	RANGO DE CONSUMOS (M3/mes)	PISCO				SAN ANDRES			
			TARIFA ACTUAL		TARIFA CON INCREMENTO PISCO		TARIFA ACTUAL		TARIFA CON INCREMENTO SAN ANDRES	
			S/. M3 AGUA	S/. M3 ALCANT.	S/. M3 AGUA 3.72%	S/.M3 ALCANT. 2.48%	S/. M3 AGUA	S/. M3 ALCANT.	S/. M3 AGUA 1.77%	S/.M3 ALCANT. 1.77%
Residencial	Social	0 a mas	0.457	0.192	0.474	0.197	0.375	0.162	0.381	0.165
		0 a 8	0.695	0.292	0.721	0.299	0.443	0.191	0.450	0.194
	Domestica	8 a 20	0.791	0.332	0.821	0.340	0.597	0.258	0.608	0.263
		20 a mas	0.869	0.364	0.901	0.373	0.690	0.297	0.702	0.302
No Residencial	Comercial	0 a 30	0.885	0.371	0.918	0.381	0.690	0.297	0.702	0.302
		30 a mas	1.335	0.560	1.385	0.574	1.287	0.555	1.309	0.565
	Industrial	0 a 100	1.400	0.587	1.452	0.602	1.583	0.683	1.611	0.695
		100 a mas	2.170	0.911	2.251	0.934	2.049	0.883	2.085	0.899
	Estatal	0 a 50	0.791	0.332	0.821	0.340	0.597	0.258	0.608	0.263
		50 a mas	0.942	0.395	0.977	0.405	0.841	0.363	0.856	0.370

Ilustración 19 Tarifario de Emapisco

Fuente: (Emapisco, 2016)

Tabla 34 Consumo de agua y alcantarillado en el cultivo

Agua – Alcantarillado						
USO	LTR	M3	COSTO S/. M3 AGUA	COSTO S/. M3 ALCANTARILLADO	TOTAL S/.	
Medio de cultivo	1000	1	0,721	0,299	1,02	
Limpieza de materiales	2000	2	0,721	0,299	2,04	
				Total	3,06	

Fuente: Propia

Para resumir el costo total de inversión:

Tabla 35 Inversión y costo total

Costo total de inversión	Total
Inversión	
Inversión tangible	1182,20
Inversión intangible	315,00
Costo fijo	
Energía eléctrica	47,63
Costo variable	
Agua alcantarillado	3,06
Total (S/.)	1547,89

Fuente: Propia

- *Depreciación.*

Para hallar la depreciación hemos utilizado el método lineal autorizado por la superintendencia nacional de administración tributaria (SUNAT), tenemos pensado maximizar la tecnología por 5 años para su recambio.

Para nuestro cálculo hemos descartado los insumos de nuestro medio de cultivo y la materia prima utilizada para el escalamiento del cultivo ya que no son activos que generen depreciación.

Tabla 36 Costos de activos fijos

ACTIVOS FIJOS				
Cultivo	Sistema	1	117,9	S/. 117,9
Proceso	Sistema	1	55	S/. 55
Equipo de control	Modulo	1	111,5	S/. 111,5
Maquinaria	Modulo	1	740,8	S/. 740,8
			total	S/. 1025,2

Fuente: Propia

Costo de adquisición	-----	1025,2	S/. Soles
Vida útil	-----	5	Años

$$\text{Valor residual (x año)} = \frac{\text{Costo de adquisición}}{\text{Vida útil}} = \frac{1025,2}{5} = 205,04$$

$$\text{Depreciación (x año)} = \frac{\text{Costo de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}} = \frac{1025,2 - 205,04}{5} = 164,03$$

$$\text{Depreciación (x mes)} = \frac{164,032}{12} = 13,67$$

Como podemos observar la depreciación por mes (30 días) es de S/. 13,67 nuevos soles, para obtener nuestro 1,018 kg es de 47 días siendo nuestra depreciación por ese lapso de tiempo es de S/. 21,42 nuevos soles.

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA PARA AUTO CONSUMO

Producción: 1,018 Kg 1018 gr

Tiempo: 47 días

Zona: Provincia de Pisco

Depreciación: 21,42

Costo fijo

Costo variable

Costo medio

INSUMO					
Fertilizante	Gr	Kg	Costo (S./KG)	Costo (S/.)	
Urea	300	0,30	S/. 1,63	S/. 0,49	
Fosfato monoamónico	50	0,05	S/. 2,03	S/. 0,10	
Sulfato de potasio	40	0,04	S/. 2,31	S/. 0,09	
Cal	10	0,01	S/. 5,20	S/. 0,05	
Sulfato ferroso	50	0,05	S/. 49,00	S/. 2,45	
Total				S/. 3,18	

SERVICIOS Y MANTENIMIENTO					
Energía eléctrica	Potencia (kw)	Hr/día	Días	Consumo (kw/h)	Total (s/.)
Bomba filtradora	0,045	24	47	S/. 50,76	S/. 30,92
				Sub total	S/. 30,92

Agua y alcantarillado	Uso	Ltr	M3	Costo S/. M3 Agua	Costo S/. M3 Alcantarillado	Total S/.
Medio de cultivo		160	0,16	S/. 0,72	S/. 0,30	S/. 0,16
Limpieza de materiales		3000	3,00	S/. 0,72	S/. 0,30	S/. 3,06
						Sub total S/. 3,22
						Total S/. 34,14

COSTO OPERATIVO EFECTIVO TOTAL		COSTO
Insumo		S/. 3,18
Servicio y mantenimiento		S/. 34,14
Total		S/. 37,33

COSTO OPERACIONAL TOTAL		COSTO
Costo operativo efectivo total		S/. 37,33
Depreciación		S/. 21,42
Total		S/. 58,75

COSTO TOTAL DE PRODUCCION		COSTO
Costo operativo efectivo total		S/. 37,33
Costo operacional total		S/. 58,75
Total		S/. 96,07

COSTO FIJO TOTAL		COSTO
Energía Eléctrica		S/. 30,92
Depreciación		S/. 21,42
Total		S/. 52,34

COSTO VARIABLE TOTAL		COSTO
Insumo		S/. 3,18
Agua y alcantarillado		S/. 3,22
Total		S/. 6,41

Costo fijo medio	
Costo fijo total/Cosecha	$S/. 52,34 / 1018 = S/. 0,05$

Costo variable medio	
Costo variable total / Cosecha	$S/. 6,41 / 1018 = S/. 0,01$

Costo medio de producción	
(Costo fijo total + Costo variable total) / Cosecha	$S/. 52,34 + S/. 6,41 / 1018 = S/. 0,06$

- *Capacidad de producción.*

Nuestra capacidad de producción se determina por área de cultivo empleado.

TIEMPO / CANTIDAD		
Duración producción :	47	Días
Cantidad producida :	1018	Gr

MEDIDAS		
Profundidad :	0,43	M
Largo :	2,21	M
Ancho :	1,5	M
Área :	3,315	m ²
Volumen :	1010	Ltr

PRODUCTIVIDAD	
Productividad en g/m ² /día	21,66

Como podemos observar la productividad es de 21,66 gr/m² /día.

5.2 Discusión De Resultados

- Al tapar nuestro sistema de cultivo con plástico transparente nos permite aprovechar los rayos solares de la mañana, pero hay que tener en cuenta que al ser herméticamente cerrado tenemos que tener cuidado con la temperatura del cultivo ya que si pasa el parámetro máximo el cultivo procede a sedimentarse en la parte superior lo cual origina cambios físicos como en el color, una gran mortalidad y estrés para nuestro cultivo.
- El sistema de aireación de nuestro cultivo se debe al recirculamiento del mismo mediante la absorción, que después mediante gravedad se volverá a vestir en el sistema de cultivo oxigenándola, hay que procurar que las mangueras utilizadas para la recirculación del cultivo no tenga hendiduras si no que sea totalmente lisa ya que retarda la velocidad de la recirculación y además se puede retener material orgánico en dichas hendiduras que puede contaminar nuestro cultivo.
- La inversión inicial para el cultivo dese realiza en una primera etapa con los materiales utilizados para el escalamiento inicial del cultivo (cultivo en acuario), después de dos meses de adaptarse al sistema se procedería a adquirir los demás materiales y equipos para el cultivo en piscina de manera gradual de acuerdo a la transparencia del cultivo hasta tener los mil litros de cultivo.
- Los costos fijos para nuestro cultivo tomamos en cuenta la energía eléctrica para nuestra bomba de filtrado ya que este sistema tiene que estar en contante funcionamiento para el funcionamiento de nuestro cultivo.

VI. Comprobación De Hipótesis

6.1 Contrastación De Hipótesis General

- **Es viable la producción de spirulina de forma artesanal para autoconsumo en la provincia de Pisco.**

Para la comprobación de hipótesis podemos tomar la viabilidad de acuerdo a la necesidad de un grupo familiar para obtener un suplemento nutricional que mejore su calidad de vida.

Según organización mundial de la salud (OMS) en la conferencia mundial de la alimentación de 1974 indico que cada persona debe consumir 3 gr/día de spirulina para que pueda asimilar los diferentes beneficios que contiene.

Para eso tenemos que conocer los costos comerciales de la spirulina en polvo que se expende:

Tabla 37 Costo de la spirulina en polvo

LABORATORIO	MARCA	PESO (gr)	COSTO Sol (s/.)	COSTO USD	COSTO USD/gr
Andexs Biotechnology SRL	Bionutrec	100	55.0	16.67	0.17
Soluna	Willca	100	57.5	17.42	0.17
Soalvida	Andes spirulina	100	51.0	15.45	0.15
Vegan	Sevenhills	500	180.0	54.55	0.11
Soil asociatec organic	My superfood	200	109.0	33.03	0.17

Fuente: Propia

El precio por gramo de spirulina en harina esta en promedio de USD 0.15 es decir S/. 0,66 nuevos soles en las marcas más comerciales en el país.

Cabe recordar que en mayor manera las marcas que comercializan spirulina en polvo lo obtienen de cultivos extendidos en países asiáticos tales como China e India al ser ese tipo de cultivo no es controlado de manera intensiva como si lo es nuestra spirulina artesanal.

Seguidamente tomamos como base el promedio de personas por familia en la provincia estos datos lo obtuvimos en los censos del 2017 del instituto nacional de estadística e informática (INEI)

Tabla 38 Número de personas por familia en la provincia de Pisco

AREA # 1105		Ica, provincia: Pisco		
H: Total personas en el hogar	Casos	%	Acumulado %	
0	301	0,70%	0,70%	
1	6 790	15,79%	16,49%	
2	7 391	17,19%	33,67%	
3	8 908	20,71%	54,39%	
4	8 970	20,86%	75,25%	
5	5 406	12,57%	87,82%	
6	2 932	6,82%	94,63%	
7	1 110	2,58%	97,21%	
8	546	1,27%	98,48%	
9	311	0,72%	99,21%	
10	158	0,37%	99,57%	
11	83	0,19%	99,77%	
12	46	0,11%	99,87%	
13	21	0,05%	99,92%	
14	10	0,02%	99,95%	
15	7	0,02%	99,96%	
16	6	0,01%	99,98%	
17	1	0,00%	99,98%	
18	2	0,00%	99,98%	
19	1	0,00%	99,99%	
21	1	0,00%	99,99%	
22	1	0,00%	99,99%	
24	1	0,00%	99,99%	
25	2	0,00%	100,00%	
30	1	0,00%	100,00%	
Total	43 006	100,00%	100,00%	

Fuente: (INEI, 2017)

Como podemos observar en los censos del 2017 el promedio de personas por familia es de cuatro personas.

Comparando el costo total de un consumo diario de spirulina de parte de una familia de la provincia seria los siguientes resultados:

- ✓ Costo por gramo de spirulina comercial: S/. 0.66 nuevos soles.
- ✓ Costo por gramo de spirulina propia: S/. 0.06 nuevos soles.

Tabla 39 Costo spirulina comercial y propia

Cantidad de compra familiar	Comercial	P. Propia	Ahorro	
12 g/día	S/ 4,32	S/ 0,73	S/ 3,59	Día
360 g/mes	S/ 129,60	S/ 21,99	S/ 107,61	Mensual

Fuente: Propia

Observando el cuadro se deduce que la persona que desee producir su propia spirulina va contar con un ahorro de S/ 107,61 nuevos soles al mes, además tendrá una spirulina de muy buena calidad muy superior a lo encontrado en el mercado ya que es artesanalmente producida.

Bajo esas premisas ya contestadas podemos decir que si es viable la producción de spirulina artesanal en la provincia de Pisco para autoconsumo..

6.2 Contrastación De Hipótesis Secundarias

- **El clima de la provincia de pisco influye en el crecimiento y adaptación de la spirulina**

La temperatura promedio de la provincia de pisco durante el proyecto de tesis fue de 22.2 °C y aunque no llego a la temperatura optima de 37 °C está dentro de los parámetros establecidos para su buen crecimiento se adaptó a la temperatura de nuestra provincia se puede dar por acertada que si influye de manera positiva en el cultivo de spirulina.

- **Los insumos, materiales, equipos y maquinaria son de fácil acceso para las personas de la provincia de pisco.**

Materia prima: obtener el inóculo es la parte esencial de nuestro proceso de inversión ya que será la responsable de que tengamos un buen cultivo con una cepa de buena calidad para ello es necesario obtenerlo de alguna institución de confianza (universidades, IMARPE, etc.), en la provincia contamos con el proyecto Inti Pacha microalgas que puede proveer el inóculo además de brindarnos un asesoramiento durante nuestro cultivo.

Fertilizantes: Los diferentes fertilizantes agrícolas para nuestro medio de cultivo lo encontramos en mayor medida en la carretera panamericana sur a la altura del distrito de San Clemente pero en venta al por mayor, por saco de 50 kg, que es una cantidad desbordante para nuestro cultivo para ello podemos encontrar venta por kilogramo en la ciudad de Ica.

Equipos de control: En la provincia hay poca oferta de estos equipos pero fácilmente se puede encontrar en la ciudad de Ica, Chincha o Lima si deseamos mayor variedad y ya que no están tan alejados a nuestra provincia no será difícil poder adquirirlos.

Equipos de proceso y materiales: Los equipos del sistema de cultivo y del proceso se encuentran fácilmente en el mercado ferial, también lo podemos adquirir en los retail instaladas en nuestra provincia.

Maquinaria: El secador solar se puede construir pero si queremos un acabado profesional los carpinteros de la zona podrían realizarlo fácilmente, se pidió un presupuesto a las carpinterías “El Trome” y “Don José” ubicadas en las avenidas Fermín Tanguis y Pedemonte respectivamente en nuestra provincia.

Como podemos hay materiales, insumos y equipos que podemos adquirir fácilmente y unos que no pero para adquirirlos no es necesario ir muy lejos de la provincia.

- **La inversión inicial y los costos de producción están al alcance de personas económicamente activas en la Provincia de Pisco.**

Estadísticamente para responder a la hipótesis contamos con la realizada por el INEI (instituto de estadística e informática) siendo su última publicación del 2018 pero lo realizo por área geográfica regional.

Tabla 40 Ingreso promedio por persona en la ciudad de Ica

INGRESO PROMEDIO PROVENIENTE DEL TRABAJO					
Ámbito geográfico	2014	2015	2016	2017	2018
Ica	1 187,1	1 278,1	1 297,3	1 363,7	1 414,8

Nota: El ingreso promedio corresponde a la PEA ocupada con ingresos mayores a cero y que provienen de su actividad principal, actividad secundaria, dependiente e independiente y puede ser monetario o no monetario.

Fuente: (INEI, 2018)

Como podemos observar las personas económicamente activas que cuentan con un trabajo fácilmente pueden costear su cultivo artesanal de spirulina para autoconsumo ya que el ingreso promedio que reciben es superior a la canasta básica familiar.

Conclusiones

- Podemos concluir generalmente que el sistema de cultivo de manera artesanal de spirulina para autoconsumo es un proyecto de inversión viable en la provincia de Pisco.
- La producción de 1,018 kg de harina de spirulina en un mes por 1010 litros de cultivo demuestra la eficiencia del sistema de cultivo.
- La adaptabilidad de la cepa de spirulina a las condiciones climáticas de nuestra provincia demuestra que es un lugar idóneo para el cultivo.
- Los insumos y materiales se puede conseguir de manera fácil en nuestra provincia tanto en la ciudad como en las zonas dedicadas al agro para los fertilizantes.
- En cuanto al valor nutricional tiene valores altos de proteína y hierro que puede ser aprovechada por los pobladores de nuestra provincia para la nutrición especialmente de las personas más vulnerables y la lucha contra la anemia.
- Los costos realizados para nuestro proyecto demuestra que con una pequeña inversión para el procesamiento se puede obtener una proteína de muy buena calidad.

Recomendaciones

- Se recomienda poder adicionar un pequeño sistema de difusión de CO_2 a nuestro cultivo para una mejor eficiencia.
- Introducir sistemas eléctricos para que nuestro sistema de recirculación y aireación de nuestro cultivo sería buena idea ya que nos brindaría un mejor control de los parámetros de oxigenación de nuestro cultivo.
- Sería interesante poder introducir otros tipos de fertilizantes para poder enriquecer nuestro medio de cultivo, esto mejoraría el valor nutricional de nuestra spirulina.
- Sería interesante poder realizar ensayos en el proceso de secado de la spirulina para poder determinar de manera real el tiempo que debe estar en el secador solar para poder optimizar las proteínas.
- La comercialización de nuestro producto significa un reto en ya que existe pocos distribuidores de este alimento así como el poco conocimiento de la gente de nuestra provincia. Para ello se recomienda poder realizar un programa de difusión de las bondades de la spirulina en las zonas más vulnerables con financiamiento propio o de entes que apoyen los proyectos comunales.

Fuentes De Información

- (INTA), I. N. (Febrero de 2008). Obtenido de inta.gob.ar/documentos
- A, Belay. (2008). Spirulina (Arthrospira): production and quality assurance. en *Spirulina in human nutrition and health*. Florida.
- Agrícola, D. (2001). *Infor agro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/diccionario_agricola/traducir.asp?i=1&id=227&idt=1
- Aliexpress. (2020). Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/32755981713.html>
- Alimenta. (2016). *Alimenta algae*. Obtenido de <http://alimentaalgae.com/>
- amazon. (2020). Obtenido de <https://www.amazon.es/Secchi-Disco-incluyendo-cuerda-sujeci%C3%B3n/dp/B0160A1UUM>
- Amotz, B. (2009). *Capture by Micro-Algae. 4 th International Bioenergy*. Obtenido de <http://www.porthuseventos.com.br/site/eventos/2009>
- Andexs. (2012). *Andexs Biotechnology*. Obtenido de <https://www.andexs.org/nosotros/>
- Andexs, O. (2014). *Andexs Biotechnology*. Obtenido de <https://www.andexs.org/cultivo-de-microalgas/>
- Argento, F., Sempere, C., & Van Lierde, F. (2016). Factibilidad tecnica y economica del cultivo de spirulina. Buenos Aires.
- Arias Garcia, D. (2010). Proyecto de factibilidad de produccion y exportacion de alga spirulina en capsulas de 400mgr y 100 gr al mercado de Brasil. Quito.
- autoproteccion. (2018). Obtenido de <https://es.dhgate.com/product/multicolour-resealable-aluminum-zip-lock/420618700.html>
- Axa Heat. (2013). *Health keeper*. Obtenido de <https://www.axahealthkeeper.com/blog/espirlina-propiedades-y-beneficios/>
- Axanthin. (2013). *Axanthin.wordpress*. Obtenido de <https://axanthin.wordpress.com/spirulina-composicion/>
- Barra Galarraga, R. F. (2010). Diseño de un fotobiorreactor industrial para cultivo de spirulina. Guayaquil, Ecuador.
- Becker w. (1982). *Biotechnology of exploitation of alae*. India.
- Beteta Garmendia, M. A. (03 de Enero de 2006). *Ingenieria quimica*. Obtenido de <http://www.ingenieriaquimica.net/noticias/156-fotobiorreactores-de-microalgas-para-produccion-de-biodiesel-marino>
- Bioplat. (2012). *Energía de las algas. Presente y Futuro*. Barcelona.
- Bravo, V., J, C., & y De Boeck, G. (2013). Microalgas, un cultivo promisorio para la produccion de biodiesel. En *EEAOC* (pág. 33). Madrid.
- Castenholz, R. W. (1989). *Bergeys manual of systematic bacteriology*. Baltimore USA.
- Cebanatural. (s.f.). Obtenido de <https://www.cebanatural.com/biobarrita-espirlinalimon-p-1151-5.html>

- Chamorro, G. (2002). *Actualización en la farmacología de spirulina Arthrospira alimento no convencional*. Niteroi-Brasil: Archivos latinoamericanos de nutrición.
- cuchillalia. (2019). Obtenido de <https://www.cuchillalia.com/producto/cuchara-cafe-arcos-berlin-560300/>
- Danesi E.D.G., R.-Y. C. (2002). An investigation of effect of replacing nitrate by urea in the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 23; 261-269.
- didacta. (2018). Obtenido de <https://grupodidacta.com/product/vaso-de-precipitado-graduado-100-ml-vidrio-aleman/>
- ebay. (2020). Obtenido de https://www.ebay.com/itm/Stainless-Steel-Mill-Grinder-Hand-Crank-Manual-Grain-Oats-Corn-Wheat-Coffee-Nuts-/293019227897?_ul=AR
- eberest. (2020). Obtenido de <https://www.everest-tecnovet.com/desechables/inyeccion-infusion/jeringa-hipodermica-luer>
- ecoinventos. (2008). Obtenido de <https://ecoinventos.com/como-hacer-un-deshidratador-de-alimentos-solar-casero/>
- EDAR. (04 de Marzo de 2012). *Ingenieros.es*. Obtenido de <https://www.ingenieros.es/noticias/ver/-proyecto-all-gas-aguas-residuales-microalgas-y-productos-energeticos/2165>
- Edelnor. (2020). Obtenido de <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario.aspx?Id=110000>
- Emapisco. (2016). Obtenido de http://emapisco.com/trans/emapisco_trans_44.pdf
- Erensa. (23 de Octubre de 2014). *Diario Correo*. Obtenido de <https://diariocorreo.pe/politica/peruanos-invierten-s-180-mensuales-en-suplementos-alimenticios-404666/>
- faen. (2011). *faen.com.ar*. Obtenido de <http://www.faen.com.ar/index.php/productos/balde-de-20-litros>
- Fattorini, O. (11 de Enero de 2018). *gestion.com.pe*. Obtenido de Mercado de consumer health en Perú mueve S/ 3,600 millones: <https://gestion.pe/tu-dinero/mercado-consumer-health-peru-mueve-s-3-600-millones-224670-noticia/>
- Fernandez. (2012). Sistemas de cultivo de microalgas. *Agricultura total*, 3.
- Fernandez Sevilla. (2011). Rev Latinoamericana.
- Fernandez, J. M. (2014). *Universidad de Almeria*. Obtenido de <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-7-fotobiorreactores.html>
- fullventas. (2011). *fullventas.cl*. Obtenido de <https://fullventas.cl/product/manguera-para-aire-acuario-1-metro/>
- Furst, P. (1978). *Spirulina, Human Nature*.

- Galpemun. (31 de Enero de 2018). *Galpemun*. Obtenido de <http://galpemun.es/?portfolio-item=cultivo-de-microalgas-en-zona-continental>
- Gomes Hermoso, F. (17 de Noviembre de 2015). *Madrid blogs*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/espirulina/2015/11/17/40/>
- Gomez Ariza. (2008). Las microalgas, nuevos caminos asia alimentos funcionales.
- GREENPEACE. (15 de Abril de 2014). “*Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías*”. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/espana/Global/>
- Henrikson. (1997). Spirulina super alimento del futuro. urano.
- Henrikson, R. (1994). Microalga spirulina. Barcelona: Urano.
- Henrikson, R. (1994). Microalga Spirulina. En *Super alimento del futuro* (pág. 22). Barcelona: Urano.
- Henrikson, R. (1994). Microalga Spirulina. En *Super alimento del futuro* (pág. 11). Barcelona: Urano.
- Henrikson, R. (1994). *Microalga Spirulina, Superalimento del futuro*. Barcelona: Urano Editores.
- Henrikson, R. (1994). Super alimento del futuro. Barcelona: Urano.
- hiltrenton. (2018). Obtenido de <https://www.hiltrento.com/308-cordon-elastico>
- Hurtado, N. (2011). *Acuicultura Peru*. Obtenido de <http://acuiculturaperu.blogspot.com/p/revistas.html>
- INEI. (2017). Obtenido de <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- INEI. (2017). Obtenido de <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- INEI. (2017). Obtenido de <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- INEI. (2018). Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-y-vivienda/>
- Inforjardin. (2006). *Infojardin*. Obtenido de <http://www.infojardin.net/glosario/micelio/microalga-microalgas.htm>
- Isan, A. (27 de Noviembre de 2017). *Ecologia Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/5-sorprendentes-aplicaciones-del-cultivo-de-microalgas-599.html>
- Malgas. (Marzo de 2014). *AST-INGENIERIA*. Obtenido de www.ast-ingenieria.com
- mercadolibre. (2009). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-430947539-envase-de-galon-pet-transparentes-35-375-38-4-litros-_JM
- mercadolibre. (2014). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432811091-tacho-de-agua-rey-149-litros-_JM
- mercadolibre. (2016). Obtenido de <https://listado.mercadolibre.com.mx/regulador-de-aire-para-peceras#!messageGeolocation>
- mercadolibre. (2019). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-429470808-papel-tornasol-ph-80-un-indicador-acidez-peachimetro-phmetro-_JM

- Ministerio de Industria, E. y. (2011). Plan de Energías Renovables. 33.
- Navarro Goicochea, T. (14 de Noviembre de 2015). *Studocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/en/document/universidad-pablo-de-olavide/cultivo-de-microorganismos-fotosinteticos-y-sus-aplicaciones-biotecnologicas/lecture-notes/cultivos-fotosinteticos-2/3982396/view>
- Nuestromar. (2013). Obtenido de <http://www.oxisaludargentina.net/noticias/04-01-13/ue-se-interesa-planta-microalgas-co2algaefix>
- olx. (2020). Obtenido de <https://www.olx.com.ec/item/plastico-transparente-para-sembrario-por-rollo-iid-1061895380>
- Pedrasa. (2011). *Fao*. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd1/1/gloria.htm>
- Perales Vargas, & Machuca, J. (2012). Depuracion de aguas,produccion de aguas y co2. *Microalgas*, 08.
- Pérez, J. (2013). *Definicion*. Obtenido de <https://definicion.de/tecnico/>
- plantasacuario. (2019). Obtenido de <https://plantasacuario.es/acuarios/332-acuario-beta-basic-300-litros.html>
- plasticosrey. (2020). Obtenido de <https://www.plasticosrey.com/product/532565/bandeja-paris>
- promart. (2019). Obtenido de <https://www.promart.pe/foco-led-bulbo-e27-15w-luz-fria-x2u/p>
- promart. (2020). Obtenido de <https://www.promart.pe/piscina-estructural-steel-pro-221x150x43cm-1200-litros/p>
- promart. (2020). Obtenido de <https://www.promart.pe/bomba-para-filtrado-330-galones/p>
- PWC. (2013). *La gestion del agua en España, analisis de la actual situacion y retos futuros*. Obtenido de http://www.acciona.es/media/1226705/informe_gestion_agua.pdf.
- Radmann E.M., R. C. (2007). Optimization of the repeated batch cultivation of microalga *Spirulina platensis* in open raceway ponds. En *Aquaculture* (págs. Vol 265; 118-126).
- Reddy, A. (2011). *Power explosive*. Obtenido de <https://powerexplosive.com/espirlina-superalimento-ancestral/>
- rey. (2020). Obtenido de <https://www.plasticosrey.com/product/366036/colador-multiuso-01>
- rey. (2020). Obtenido de <https://www.plasticosrey.com/product/366036/colador-multiuso-01>
- Rodriguez Garcia . (2010). Los organismos marinos y los cosmeticos.Medio ambiente y desarrollo. *Revista electronica de medio ambiente*.

- Rodriguez, C. (2001). *Jornada.com.mx*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/1998/07/12/contra.html>
- Roughan. (1989). Spirulina: a source of dietary Gamma Linoleic Acid. *Journal Science Food and Agriculture*.
- Salvador Mendoza. (2011). Planta piloto de cultivo de microalgas.
- Sánchez, G. (2011). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/analisis-economico.html>
- Sanchez, V. (2000). Libertad economica y sus terminos. *Emprende y vive*, 5.
- Sasson, A. (1997). Cultivation of Spirulina, en *Microalgal Biotechnologies: recent developments and prospects for developing countries. 2nd. Asia-Pacific Marine Biotechnol. Conf/ 3rd. Asia-Pacific Conf. Algal Biotechnol*, (págs. 11-31). Phuket.
- Spolaore P. (2006). Commercial applications of microalgae. 96.
- Superalimentos. (2012). *Espirulina*. Obtenido de <https://www.espirulina.es/>
- teregroup. (2018). Obtenido de <https://teregroup.store/en/product/inoculum/>
- Teshnap. (28 de Agosto de 2005). Spirulina Source. En *Cultivo artesanal de spirulina* (pág. 2). Paris.
- Teshnap. (2015). Obtenido de <https://www.technap-spiruline.fr/images/pdf/CULTIVO.pdf>
- Textoscientificos. (5 de Abril de 2007). Obtenido de www.textoscientificos.com/quimica/urea
- U.M.H, U. (2017). *Catálogo de Prácticas de laboratorio para la docencia en Microbiología*. Obtenido de <https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/practicas-de-microbiologia/home>
- UTEX. (2006).
- Utex. (10 de Octubre de 2006). *Utex.org*. Obtenido de www.utex.org
- Varela. (1996). *Educalingo*. Obtenido de <https://educalingo.com/es/dic-es/factibilidad>
- ventaterm. (2020). Obtenido de termometrosenventa.com/termometros-digitales-para-alimentos/810-275-termometro-digital-78.
- virtualfish. (2020). Obtenido de <http://www.virtualfish.cl/compartir.asp?id=798>
- Wikipedia. (2008). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Control_biológico](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_biol%C3%B3gico)
- Wikipedia. (3 de Agosto de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cepa>
- Zarrouk, C. (1966). Contribution a l'étude d'une cyanobacterie: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de *Spirulina maxima* (Setchell et Gardner) Geitler. Paris, France: Tesis University of Paris.
- Zugarramurdi, A. (1998). *Fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s00.htm#Contents>