UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIAS

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LAS ALGAS COMESTIBLES"

AUTORES

JOHANNA GISSEL CARRERA SANCHEZ

GINA FERNANDA VARGAS TAPUY

DIRECTOR DE PROYECTO / TRABAJO

HERNAN PATRICIO RUIZ MARMOL, Ph. D

Puyo – Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Johanna Gissel Carrera Sánchez con C.I 180548804-4, Gina Fernanda Vargas Tapuy con C.I 150103870-5, hacen constar que es autor/es del Proyecto de investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado: REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LAS ALGAS COMESTIBLES, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Hernán Patricio Ruiz Mármol, Ph. D En tal sentido, manifiesto/manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de julio del 2021.

…… ……

Johanna Gissel Carrera Sánchez Gina Fernanda Vargas Tapuy

C.I: 180548804-4 **C.I:** 150103870-5

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular titulado: "REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LAS ALGAS COMESTIBLES."

_____

Mónica Paulina Echeverría Guevara, Ph. D

Presidente del Tribunal

_____

MSc. Aida Salome Romero Vistin

Miembro del tribunal

_____

MSc. Edwin Fernando Basantes Basantes

Miembro del tribunal

CERTIFOCADO ANTIPLAGIO

DERECHOS DE AUTOR

©2021, Johanna Gissel Carrera Sánchez, Gina Fernanda Vargas Tapuy

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Johanna Gissel Carrera Sánchez, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.

JOHANNA GISSEL CARRERA SÁNCHEZ

No. Cédula: 180548804-4

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Gina Fernanda Vargas Tapuy, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.

GINA FERNANDA VARGAS TAPUY

No. Cédula: 150103870-5

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi tutor, Patricio Ruiz Ph. D, por su apoyo y enseñanza durante este trabajo de investigación, de igual manera a mis docentes de la Universidad Estatal Amazónica, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión y a toda mi familia y amigos por ser parte de esta durante mi vida universitaria.

Johanna Gissel Carrera Sánchez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Patricio Ruiz Ph. D, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, su motivación y su apoyo me guío a través de cada una de las etapas de este proyecto para poder terminarla con éxito.

A la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional hoy en día.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante mi carrera profesional, por todos sus conocimientos brindados y por qué todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Y por último quiero agradecer a mi familia y a todos mis compañeros, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían.

Gina Fernanda Vargas Tapuy

DEDICATORIA

Hoy finalmente termina un ciclo increíble de mi vida, y cuando esto ocurre es fundamental dar vuelta la mirada y recordar que nunca estuve sola, increíbles personas formaron parte de este proceso y es importante recordarles que los quiero y que siempre estaré para ellos.

En primer lugar, a Dios por acompañarme siempre, a mis padres César Carrera y Cecilia Sánchez por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes. A quienes más agradezco son a mis hijas Angie y Lia, a mi esposo Dario, a mis hermanas/o Jessica, Nicole, Erika y Cristian, a mi tía Margoth, a mis abuelitas Mariana y Fabiola y mi abuelito César, a mis queridas sobrinas Aytana, Solange y Vaiolett y a mis amigas Cristina, Lourdes, Gina y Marianela; quiénes han sido muy importantes durante mi etapa de estudio y me han dado el apoyo necesario durante mi vida universitaria.

A mi tutor Patricio Ruiz, Ph. D, quien fue mi guía y un apoyo durante esta etapa de culminación de mis estudios.

Gracias familia y amigos por todo.

Johanna Gissel Carrera Sánchez

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día.

A mis padres Angel Vargas y María Tapuy quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanas/os Nadir, María, Gabriela, Merly y Geovany por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso. A mis sobrinos Alex, Anthony, Jerico y Demir por ser mi fortaleza en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis amigas, Stephany Valverde, Marjorie Quevedo, Gissella Vera, Cristina Chávez, Lourdes Caguana y Johanna Carrera por apoyarme en todo momento, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanitas, siempre las llevo en mi corazón.

A mi tutor Patricio Ruiz, Ph. D, quien fue mi guía y un apoyo durante esta etapa de culminación de mis estudios.

Gina Fernanda Vargas Tapuy

RESUMEN

La investigación presenta un análisis bibliográfico documental sobre los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial de las algas comestibles la misma que se llevó a cabo por medio de la selección y recopilación de información a base de una lectura crítica en documentos publicados para profundizar la información detallada en el presente trabajo. En Ecuador se atraviesa por diferentes problemáticas sociales y entre las más importantes, la desnutrición crónica infantil y la pérdida de alimentos, es por esto que el sector agroindustrial debe velar por la innovación tecnológica y la utilización de materia prima alimentaria no tradicional. Las algas comestibles son alimentos de alto valor nutritivo, que proporcionan gran cantidad de vitaminas y minerales, son bajas en calorías, presentan alta concentración de proteínas, fibra dietética. Se caracterizan porque presentan diferente coloración (roja, parda, verde, azul-verdosa) resultado de la presencia y abundancia de pigmentos naturales fotosintéticos. Se pudo analizar que las algas rojas y verdes son factibles para mayor consumo ya que tienen un alto contenido de proteínas y vitaminas. Las algas tienen varios usos, entre ellos se pudo observar que se las utilizan de diferentes maneras tales como; industriales, agropecuarios, alimentación, medico farmacéutico, restauración ambiental y agricultura.

Palabras clave: microalgas, macroalgas, fiabilidad

ABSTRAC

The investigation presents an anaylsis bibliographic of a document of the system of production nutritional property and their Agro-industrial application of edible algae, which was carried out through the selection and collection of information from acrílicas in published documents to depen the detailed information in this work. Ecuador is going though different social problems and among the most important, chronic mainutricion and loss of food, that is why the agribusiness sector ensure technological innovation and the use of non-tradiciónal food raw materials. Edible algae are foods of high nutritional value, which provide a amount large of vitamins and minerals, are low in calories, have a high concentration of protein and dietary fiber. They are characterized by their different coloration (red, brown,green, blue and green) the results from the presence and abundance of photosynthesis natural pigments If was posible to analyze that red and green algae are feasible for greater consumption donde they have a high content of proteins and vitamins. Algae have several uses, among them it was observed that they are used in different ways such as; industrial, agricultural, food, pharmaceutical, environmental restoration and agriculture.

.

Keywords: microalgae, macroalgae, reliability

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1 Planteamiento del problema 2
1.2 Objetivos 2
1.2.1 Objetivo general: 2
1.2.2 Objetivos específicos: 2
1.3 Justificación 2
CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4
2.1 Algas comestibles 4
2.1.1 Sistema de cultivo de las algas comestibles 5
2.1.2 Clasificación de las algas 6
2.2. Sistema de produccion 7
2.2.1 Alga Spirulina 7
2.2.2 Alga Nori (Porphyra spp) 10
2.2.3 Cochayuyo (Durvillaea antárctica) 13
2.2.4 Wakame (Undaria pinnatifida) 14
2.2.5 Kombu (Saccharina japónica) 16
2.3 Composición Química y Valor Nutricional 18
2.3.1 Fibra Alimentaria 19
2.3.2 Proteínas 19
2.3.3 Aminoácidos 19
2.3.4 Grasas 20
2.3.5 Cenizas 20
3. Aplicaciones agroindustriales de las algas comestibles 20

3.1 Restauración Ambiental 21
3.2 Fertilizantes 21
3.3 Fertilizantes comerciales a base de algas marinas 22
3.3.1 Bioestimulantes 22
3.3.2 Extractos Líquidos 22
3.3.3 Bioles 23
3.3.4 Compost a base de Algas 23
3.4 Carragenina 23
3.5 Alginato 24
3.6 Agar 24
3.7 Harinas de Algas 25
CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 26
3.1 Tipo o Diseño de Investigación: 26
3.2 Métodos de Investigación 26
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 27
4.1 Principales sistemas de Producción de Algas comestibles 27
4.2 Propiedades Nutricionales de las Algas comestibles 28
4.3 Aplicaciones Agroindustriales 30
Conclusiones 31
Recomendaciones 31
REFERENCIAS 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. *Taxonomía del alga Spirulina* 8
Tabla 2-2. *Taxonomía del género Porphyra* 11
Tabla 2-3 *Taxonomía del alga Cochayuyo Durvillaea antarctica*..... 13
Tabla 2-4 *Taxonomía de alga wakame (Undaria pinnatifida)*..... 15
Tabla 2-5. *Taxonomía de alga Kombu (Saccharina japónica)* 17
Tabla 4-1 *Características generales de las algas marinas comestibles.* 27
Tabla 4-2 *Composición química de algas.* 29

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2-1. Cultivo de Algas 4
Figura 2-2 Producción de Alga Nori *Porphyra tenera* 11

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Las algas marinas han sido utilizadas como alimento en humanos, y en menor proporción como fertilizantes y aditivos para alimentos de animales. Las algas como alimento tienen un alto consumo en países asiáticos como china, Japón y corea, y su demanda ha aumentado en países de norte américa, Sudamérica y Europa, principalmente por la gran migración de asiáticos a otros países del mundo. Estos alimentos son importantes reservorios de nutrientes, pues presentan un bajo contenido de calorías y lípidos lo cual beneficiarán a las personas con patologías como sobrepeso, obesidad, diabetes y dislipidemias. Su elevada concentración de minerales, vitaminas antioxidantes y moléculas bioactivos como polifenoles con amplias potencialidades terapéuticas ayudarán a la prevención de enfermedades relacionadas con estrés oxidativo (Rojas et al., 2018).

Las algas son un conjunto heterogéneo de organismos autótrofos que presentan gran complejidad morfológica y funcional, habitan diversos ambientes en todas las regiones acuáticas y terrestres del mundo y forman parte esencial de la diversidad biológica de los cuerpos de agua. Lo que indica esta ambigüedad en su definición es que las algas son organismos antiguos y muy diversos, que no forman un grupo monofilético, es decir, no tienen todos unos orígenes comunes; sus aparentes semejanzas morfológicas y anatómicas se deben a su adaptación primaria al medio acuático (Jiménez & Hernández, 2004).

Las algas comestibles son algas macrofíticas de tipo primitivo de plantas que carecen de verdaderas raíces, tallos y hojas que pertenecen a *Chlorophyta* (alga verde), *Phaeophyta* (alga parda) y *Rhodophyta* (alga roja). Las algas comestibles se cultivan abundantemente en la región costera de Tamil Nadu, Gujarat, Lakshadweep, Andaman y Nicobar Islands. Las algas comestibles son ricas en contenido de proteínas con todos los aminoácidos esenciales y se utilizan hoy en día como suplemento nutracéuticos. De acuerdo con la alta composición de proteínas y aminoácidos, las algas rojas parecen ser una fuente potencial de proteínas alimentarias. Algunas especies de algas verdes como: *Ulva, Caulerpa*, contienen alto nivel de arginina y glicina, además de histidina y taurina tiene actividad farmacológica y es necesaria para el desarrollo del feto. En general, las algas son ricas en ácidos grasos con ácidos grasos esenciales y ácidos grasos omega. Los hábitats de las algas, son acuáticos (lagos, ríos, mares, océanos) sus suelos húmedos pueden encontrarse en rocas, árboles, nieve y hielo de regiones polares y montañosas. En las fuentes termales, las algas marinas viven hasta la profundidad donde llega la luz solar. En las orillas se encuentran las algas verdes (clorofíceas), que

también viven en aguas continentales y estancadas. Las algas pardas viven a más profundidad y las algas rojas pueden llegar hasta 100 metros en aguas tropicales (Pereira, 2014).

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad nuestro país atraviesa por diferentes problemáticas sociales y entre las más importantes, la desnutrición crónica infantil y la pérdida de alimentos, es por esto que el sector agroindustrial debe velar por la innovación tecnológica y la utilización de materia prima alimentaria no tradicional. En nuestro medio no se conoce muy bien los sistemas de producción, las propiedades nutricionales y aplicaciones agroindustriales de las algas comestibles.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Revisar documentalmente los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial de las algas comestibles

1.2.2 Objetivos específicos:

- Analizar diferentes fuentes bibliográficas sobre los sistemas de producción de las algas comestibles
- Examinar la información documentada de las propiedades nutricionales en las algas comestibles
- Analizar las aplicaciones agroindustriales de las algas comestibles

1.3 Justificación

En la actualidad el crecimiento poblacional es exponencial lo que ocasiona que se necesite de una cantidad mayor de alimentos nutritivos y seguros en virtud de ello es importante, determinar los sistemas de producción, las propiedades nutritivas y su aplicación agroindustrial de las algas comestibles a través de una investigación descriptiva documental de los trabajos realizados en los últimos años que están publicados en la red debido a que en nuestro medio no es muy conocido las bondades de este alimento, con la realización de este trabajo investigativo daremos a conocer la importancia que tiene la producción, la comercialización y consumo de las algas alimenticias.

Las algas comestibles tienen un gran aprecio y consideración terapéutica que puede llegar a ser un gran camino de solución para combatir enfermedades de origen diverso. Son

además un valioso recurso natural para la industria de alimentos, cosméticos y biotecnológica (Gewerc & Muñoz, 2006).

Su utilización dentro de nuestro país puede favorecer y mejorar la realidad socioeconómica de varias comunidades costeras, las cuales, en su mayoría, viven en condiciones de extrema pobreza y vulnerabilidad (Ondarza & Rincones, 2008).

Desde el punto de vista ambiental, el cultivo y explotación de algas comestibles representan una actividad amigable al medio ambiente ya que como seres humanos descubrimos una amplia variedad de utilidades, por lo cual no genera desechos ni efluentes; aumenta, asimismo, la biodiversidad local al servir como sustrato y refugio a numerosas especies de peces e invertebrados y diversifica las actividades productivas tradicionales, reduciendo la pesca de ciertas especies amenazadas como las tortugas marinas, caracol de pala y langosta (Florencia, 2018).

Para la puesta en marcha de este proyecto es viable la implementación de programas de investigación aplicada y participativa que permitan ampliar el conocimiento de los recursos de las algas marinas comestibles para su explotación y aprovechamiento (Gómez-Ordóñez, 2013).

Igualmente, se requiere articular un trabajo interdisciplinario y de reingeniería dentro de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), donde se involucren y participen docentes, personal técnico y estudiantes, en cooperación con organizaciones no gubernamentales, entidades públicas y empresas privadas. Por lo que en nuestro proyecto queremos dar a conocer más a fondo la diversidad que ofrecen las algas comestibles, su amplia variedad de aplicaciones con numerosas áreas potenciales de explotación. Las algas son ricas y de gran potencial en los recursos naturales renovables, el cual aún no es investigado muy a fondo de lo que puede ofrecer.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Algas comestibles

Las algas marinas se diferencian en tres grupos: las algas pardas (*Phaeophyta*), las algas rojas (*Rhodophyta*) y las algas verdes (*Chlorophyta*). En Argentina existe una costa extensa donde se encuentran gran cantidad de especies de algas. *Lessonia flavicans Bory*, *Gracilaria gracilis, Pyropia* columbina (ex *Porphyra*) y *Undaria pinnatifida* (Camurati et al., 2019).



Figura 2-1. Cultivo de Algas

Fuente: Realizado por Gina Vargas

Esta última especie es nativa de Asia y ha invadido exitosamente muchas costas del mundo, incluso las costas de América del Sur, causando daños en los ecosistemas receptores. En Argentina, U, pinnatifida se reportó por primera vez en 1992 en Puerto Madryn y, a pesar de los esfuerzos realizados para evitar su dispersión, la invasión progreso rápidamente. Más tarde fue registrada en las costas de la provincia de Buenos Aires por Meretta. Experimentos de remoción de individuos de Undaria en el Golfo Nuevo (Patagonia) resultaron en un aumento significativo de la riqueza y diversidad de las algas comestibles nativas, evidenciando el impacto negativo de la presencia de esta especie en Argentina. En algunos países donde Undaria fue introducida, se ha propuesto su cosecha con fines comerciales como alternativa de control. En ese sentido, las algas presentan numerosos usos y aplicaciones en diferentes campos. Argentina tiene un gran potencial para la explotación de algas: posee una extensa costa marítima y un recurso abundante con valor comercial. Sin embargo. Es un recurso relativamente poco estudiado en comparación con lo que ocurre en otros países de América del Sur, como Chile. Según la organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura, Chile aparece como uno de los principales productores y exportadores de algas comestibles cultivadas de América del Sur. Muchos trabajos señalan que el cultivo de algas tiene un impacto ambiental relativamente bajo comparado con otras formas de acuicultura, debido a que no es necesario añadir nutrientes u otros suplementos. Por lo tanto, la producción de algas podría desarrollarse de manera ambientalmente sostenible (Camurati et al., 2019).

2.1.1 Sistema de cultivo de las algas comestibles

La elección de las especies a cultivar depende directamente de la finalidad que se le desea brindar a la biomasa resultante (pigmentos, alimento) o si el cultivo es para ficorremediación. Las especies algales predominantes dentro de un sistema abierto dependen de factores ambientales, operacionales y parámetros biológicos. En un sistema cerrado se pueden lograr cultivos monoespecíficos aislados del medioambiente. Las microalgas en un cultivo para ficorremediación deben cumplir con 3 condiciones: alta tasa de crecimiento; alta tolerancia a la variación estacional y diurna si es un sistema abierto; y buena capacidad para formar agregados para una cosecha por simple gravedad. Además, altos niveles de componentes celulares valiosos (por ejemplo, lípidos para generación de biodiesel) también podrían ser deseables (Hernández & Labbé, 2014).

Luz

La intensidad lumínica es uno de los principales parámetros a considerar en un cultivo. En ausencia de limitación por nutrientes, la fotosíntesis se incrementa con el aumento de la intensidad lumínica, hasta alcanzar la máxima tasa de crecimiento específica para cada especie en el punto de saturación por luz. Pasado este punto, se alcanza el punto de fotoinhibición, con resultados perjudiciales para la misma célula e incluso la muerte, implicando pérdida de eficiencia fotosintética y productividad del cultivo. Los cultivos microalgales exteriores suelen sufrir foto inhibición en las principales horas del día debido a la alta intensidad lumínica. Bajo ciertas condiciones, los cultivos con mayor densidad celular (> 3 g L-1) son capaces de utilizar la luz incidente con mayor eficiencia en comparación con cultivos convencionales diluidos. Esto se debe al auto sombreado, donde las células más cercanas a la superficie dan sombra a las capas inferiores, con células más alejadas de la superficie. Un sistema de mezcla eficiente permitirá un acceso periódico de todas las células a la luz, de lo contrario, será perjudicial puesto que la intensidad lumínica decrece con el aumento de la turbidez (Montoya, 2019).

Temperatura

La producción algal aumenta proporcionalmente con la temperatura hasta alcanzar la temperatura óptima de cada especie. Por encima de esta, aumenta la respiración y la fotorrespiración reduce la productividad global. La temperatura óptima varía entre las especies, pero en general está entre 28° y 35°C. En un sistema de cultivo cerrado, la temperatura se puede controlar por varios mecanismos, tales como rociadores de agua, inmersión del colector solar en piscinas, reactor dentro de un invernadero, etc. Por el contrario, en un sistema de cultivo abierto es muy difícil de controlar, aunque se pueden realizar ciertas acciones simples para disminuir el efecto, como cubrir los estanques con plásticos transparentes (Quitral & Morales, 2012).

Nutrientes

El nitrógeno es el nutriente más importante para las microalgas (después del carbono) y se incorpora como nitrato o como amonio. Es también un factor crítico para regular el contenido de lípidos de las microalgas. Típicamente, las microalgas tienen un contenido lipídico aproximadamente del 20%, pero cuando el nitrógeno se convierte en el factor limitante del crecimiento, la acumulación de los niveles de lípidos aumenta en más de 40%. Sin embargo, usando la limitación de nitrógeno para estimular la acumulación de lípidos en las células de algas, a menudo reduce la producción de algas, lo que sugiere que las 2 condiciones, alto contenido en lípidos y alta productividad, pueden ser mutuamente excluyentes. El fósforo es fundamental en muchos procesos celulares, tales como la formación de ácidos nucleicos y transferencia de energía. Aunque el contenido en fósforo de las microalgas es menor al 1%, su deficiencia en el medio de cultivo es una de las mayores limitaciones al crecimiento (Hernández & Labbé, 2014).

2.1.2 Clasificación de las algas

Las algas son unos organismos muy variados en cuanto a forma y complejidad, en función a su tamaño se pueden clasificar en microscópicas (de 3-10 micras como mínimo) o macroscópicas pudiendo alcanzar hasta los 70 m de longitud (López, 2012).

Microalgas

El término microalga engloba un grupo muy diversificado de microorganismos fotosintéticos, procariotas y eucariotas, catalizadores del proceso de fijación del CO2, convirtiéndolo en materia orgánica. Pese a las grandes diferencias estructurales,

fisiológicamente ambos tipos de microalgas, procariotas y eucariotas, son similares y poseen un metabolismo fotosintético similar al de las plantas superiores. Se trata de seres unicelulares muy variados en tamaño y forma, existen en casi todos los hábitats conocidos. La mayor parte pertenecen a hábitats acuáticos, tanto marinos como dulceacuicolas, aunque algunas viven en tierra. Los mares y océanos contienen enormes cantidades de algas planctónicas, estimándose que el 90% de la fotosíntesis total de la Tierra es realizada por estos vegetales acuáticos. El número de taxones es elevado, se cuentan hasta ahora más de 30.000 especies de microalgas, representando en la actualidad un recurso prácticamente inexplorado, ya que solamente unas 50 especies han sido estudiadas con detalle desde el punto de vista fisiológico y bioquímico (López, 2012).

Macroalgas

Las macroalgas son un tipo de alga marina visible al ojo común e identificable como un solo organismo, es decir, algas compuestas por varias células o por una sola mega célula (por ejemplo, la Acetabularia y Caulerpa) que pueden ser vistas como un ser individual, su clasificación es en tres grupos en orden de sus pigmentos fotosintéticos y las sustancias de reserva que utilizan: algas verdes (Clorófitos), algas rojas (Rodófitos) y algas pardas (Feófitos) (Bañeras, 2014).

2.2. SISTEMA DE PRODUCCION

2.2.1 Alga Spirulina

Estanque: La spirulina vive en agua a la vez salada y alcalina, contenida en un recipiente (o estanque) resistente a la corrosión; poco importa su forma, salvo los ángulos que deben ser redondeados para facilitar la agitación y limpieza de los rincones. Generalmente utilizamos estanques con bordes de 40 cm (el doble de la profundidad normal del cultivo). Los estanques pueden tener una superficie de 1 m² - es lo que corresponde a la necesidad de spirulina de una persona - pero los de 5, 10, 20 hasta 40 m² son más económicos. Las dimensiones son sobretodo limitadas por la necesidad de agitar el estanque. El hormigón es un buen material para los estanques, pero necesita albañiles experimentados. La calidad del revoque es muy importante. Antes de agregar el medio de cultivo es recomendable pintar la superficie del estanque con dos manos de pintura común a la cal. Un invernadero sobre los estanques ofrece muchas ventajas a condición de que pueda ser aireado y sombreado (Jourdan, 2014).

Factores Climáticos: La temperatura del medio de cultivo es el factor climático de mayor importancia para la rapidez de crecimiento y la calidad de la spirulina. Por debajo de 20°C el crecimiento es prácticamente nulo, aunque muchas spirulinas no mueren incluso a 0°C. La temperatura óptima para el crecimiento es 37°C. Encima de 42°C, la spirulina está en grave peligro. La iluminación es indispensable para el crecimiento de la spirulina (fotosíntesis), pero no se debe mantenerla 24 horas continuas por día. Durante la noche reacciones bioquímicas continúan produciéndose en la spirulina como la síntesis de proteínas y la respiración. La respiración disminuye la masa de la spirulina (la "biomasa") sobre todo cuando la temperatura está elevada (Fernández & Alvítez, 2019).

Medio de Cultivo: El agua utilizada para hacer el medio de cultivo debe ser limpia o filtrada para eliminar las algas contaminantes. El agua potable es conveniente. Si contiene demasiado cloro, se debe airear. Si el agua es muy dura, provocará la formación de depósitos desagradables, pero no peligrosos. La utilización de agua salobre puede ser interesante, pero es necesario analizarla antes de utilizarla. Algunas aguas contienen bastante o demasiado magnesio y/o hierro. El agua de mar, muy rica en magnesio, puede ser utilizada, pero con precauciones o tratamientos (Jourdan, 2014).

Tabla 2-1.

Taxonomía del alga Spirulina

Clase	Cyanophyceae
Subclase	Oscillatoriphycideae
Orden	Chroococcales
Familia	Spirulinaceae
Género	*Spirulina*

Fuente: (Jourdan, 2014)

Realizado por: Johanna Carrera

En la tabla 2-1 se puede observar la ubicación de la taxonomía del alga *Spirulina*, que es una microalga (solo visible bajo el microscopio) de color azul-verde, generalmente unicelular, aunque se han verificado, además, filamentos multicelulares. En lo cual se han originado ciertas controversias entre los medios científicos, prefiriendo muchos de ellos clasificar a la forma unicelular como perteneciente al género Spirulina, en tanto que a la forma multicelular como Arthrospira, aunque esta distinción parece algo forzada (Jourdan, 2014).

Se utiliza sal no refinada, no se necesita el sulfato de magnesio. La solución de hierro se prepara disolviendo 50 g de sulfato de hierro (FeSO4, 7H2O) y 50 ml de ácido clorhídrico concentrado en un litro de agua. Se puede también utilizar una solución saturada de hierro (clavos) en vinagre con un poco de jugo de limón o carambola. Este medio de cultivo se utiliza para iniciar nuevos cultivos o para completar el nivel de los estanques luego de vaciarlos parcialmente. La composición arriba mencionada puede variar en amplias proporciones. Así, en lugar de los 8 g de bicarbonato, se puede utilizar una mezcla de 5 g de carbonato de sodio y 1 g de bicarbonato, obteniendo un pH de 10,4 (Barra, 2010).

Inoculación: Escoger una simiente (cepa) de spirulina bien espiralada, con pocos o no filamentos rectos (al menos 50 % espiralada). Una simiente concentrada se obtiene fácilmente a partir de un cultivo en buena salud, tomándola de la nata o rediluyendo con medio de cultivo una masa de spirulina fresca cosechada pero no exprimida. A la concentración máxima de 3 g de spirulina (contada en seco) por litro, la simiente se puede guardar y transportar durante una semana sin que ella se degrade, esto a condición de que el recipiente sea medio lleno y ventilado al menos dos veces por día. Si la ventilación se hace con burbujas continuas de aire, la concentración puede llegar a 10 g/l. La inoculación 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) con una concentración de spirulina alrededor de 0,3 g/l (bien verde) (Pedraza, 2013).

Cosecha: El mejor momento para la cosecha es temprano en la mañana, por muchas razones: la baja temperatura hace el trabajo más agradable, habrá más horas de sol para secar el producto, el porcentaje de proteínas está a su máximo en la mañana, la filtración está más rápida. La cosecha comprende esencialmente dos etapas: Filtración para obtener una biomasa a 10 % de materia seca (1 litro = 100 g de seco). Exprimido para eliminar el medio de cultivo residual y obtener la "spirulina fresca", lista a ser consumida o secada, conteniendo alrededor de 20 a 25 % de materia seca según las cepas y la salinidad del medio (Fernández & Alvítez, 2019).

Conservación: Es cierto que la spirulina fresca (la biomasa prensada) es superior a toda otra forma de spirulina tanto del punto de vista organoléptico como por su valor nutritivo y de costo. Ella se conserva dos días en el refrigerador a 7°C o diez días a 1°C. Además, se congela fácilmente. Para quienes no disponen de refrigerador ni congelador, el

salado puede ser una solución. Se agrega 10 % de sal fina a la biomasa prensada, asegurando una conservación como de un mes, bajo una ligera capa de aceite (Fernández & Alvítez, 2019).

Secado: En la industria la spirulina es casi siempre secada por atomización en aire a muy alta temperatura, durante un tiempo muy corto; este proceso da un producto de extrema fineza, poco densidad aparente y mal olor. Este proceso es imposible de ser utilizado en pequeña escala. La liofilización es un proceso ideal para la calidad, incluso en pequeña escala, pero de costo tremendo. El secado solar es frecuentemente utilizado por los pequeños productores, pero requiere de algunas precauciones. Si la exposición al sol directo es utilizada, que es la más rápida, debe ser de muy corta duración sino la clorofila será destruida en la superficie y el producto aparecerá grisáceo o azulado (Barra, 2010).

Consumo: Las personas que dicen no poder soportar el gusto ni el olor de la spirulina han estado expuestas, ciertamente un día, a un producto seco de calidad mediocre. La spirulina fresca y de buena calidad es neutra, tal que puede reemplazar la mantequilla sobre las tostadas y puede servir para enriquecer prácticamente cualquier alimento; deliciosas bebidas heladas pueden ser preparadas mezclando la spirulina, especialmente fresca, con jugo de frutas. La spirulina fresca es una pasta fácil a diluir, mezclar o esparcir. Hay literalmente miles de recetas posibles para utilizar la spirulina fresca, congelada o seca, cruda o cocida. Notamos que sobre 70°C en presencia de agua el bello color verde de la spirulina (clorofila) a veces se vuelve marrón (Jourdan, 2014).

2.2.2 Alga Nori (Porphyra spp)

Aparece en las costas rocosas del mundo, incluyendo algunas especies en los trópicos y en los polos. La mayor diversidad se puede encontrar en las regiones boreales o en zonas con clima frío a templado. La mayor parte de las especies se dan anualmente en verano o invierno. *Porphyra* soporta la desecación, por lo que puede vivir en las regiones más altas y secas de la zona intermareal. Los talos o tallos de *Porphyra* aparecen en su estado natural como organismos libres y sus filamentos microscópicos cavan en sustratos de carbonato de calcio, tales como las conchas de ostión. Las láminas de *Porphyra* pueden ser circulares o lineales y medir de unos cuantos centímetros a más de un metro. Su color también varía, de rosado en especies que viven enteramente sumergidas, hasta pintos, rojos, amarillos, cafés y verdes en especies intermareales. El ciclo de vida de *Porphyra* es compleja. Su etapa microscópica es diploide y se llama conchocelis, la cual consiste en ramas filamentosas. Bajo

condiciones específicas, los filamentos forman ramas hinchadas llamadas conchosporangia, la cual extruye o vierte sus contenidos como células individuales sin paredes – conchosporas (Crespi & Michael, 2009).



Figura 2-2. Producción de Alga Nori *Porphyra tenera*.

Fuente: Realizado por Johanna Carrera

En el siguiente mapa muestra la distribución de productores de *Porphrya tenera* (Crespi & Michael, 2009).

Ciclo de Producción: Debido a su complicado ciclo de vida, el sistema de cultivo de Porphyra puede dividirse en cinco fases distintas: cultivo de conchocelis; recolección de conchosporas; crecimiento en mar abierto; cosecha y procesamiento (Romo et al., 2005).

Tabla 2-2.

Taxonomía del género Porphyra

División	Rhodophyta
Clase	Bangiophyceae
Subclase	Bangiophycidae
Orden	Bangiales
Familia	Bangiaceae
Género	*Porphyra*

Fuente: (Romo et al., 2005)

Realizado por: Johanna Carrera

En la tabla 2-2 se puede observar la ubicación taxonómica del género y las especies del alga nori (*Porphyra spp*). El género *Porphyra* es cosmopolita y está representado desde latitudes ecuatoriales hasta las regiones polares, La mayor parte de las poblaciones de gametofitos de especies chilenas son estrictamente intermareales y algunas de ellas dominan el hábitat de la zona intermareal superior (Romo et al., 2005).

Técnicas de engorda

Existen tres métodos principales de cultivo: en redes flotantes, semi-flotantes; y fijas. Hay una cuarta técnica conocida como "redes de congelación".

Sistema flotante: este método se ha utilizado en Japón y actualmente ha sido adoptado por los acuicultores chinos. Las redes se unen a boyas flotantes en la superficie del mar, para que los tallos de luche permanezcan siempre inmersos en el agua. Con este método es posible cultivar los talos incluso en áreas alejadas de las bahías poco profundas, a profundidades de 10-20 m (Crespi & Michael, 2009).

Sistema semi-flotante: este método es una mezcla de los sistemas flotante y de red fija. Durante la marea alta, las redes flotan en la superficie; en marea baja, el sistema permanece en el suelo. Esto combina las ventajas de los sistemas de red fija y flotante, así que ha sido adoptado extensamente en China (Bourgougnon & Bedoux, 2011).

Redes fijas: en este sistema, también conocido como el "sistema de postes", las redes de luche se cuelgan entre postes. Durante la marea baja, las redes se exponen al aire y se secan. El cultivo intermareal en postes es preferido a los sistemas flotantes o semi-flotantes en aguas profundas, porque asegura la exposición periódica por un tiempo adecuado, lo cual permite reducir la incidencia de enfermedades y el crecimiento de especies competidoras (algas), especialmente diatomeas epífitas. Sin embargo, este tipo de cultivo está restringido a las partes internas de las bahías, con fondos poco profundos y arenosos (Crespi & Michael, 2009).

Redes de congelación: este método tiene dos ventajas: prevenir luche enfermo y mejorar la calidad del producto final (Codex Alimentarius, 2017).

Manipulación y procesamiento: Los tallos cultivados se cortan en pedazos y se procesan secándolos en forma tradicional – hojuelas delgadas rectangulares de 21 x 19 cm cada una y con un peso de 3 g. El proceso consiste en seleccionar el luche mojado; lavarlo en agua de mar, lavarlo en agua dulce, cortarlo, ablandarlo, hacerlo hojuelas, deshidratarlo,

secarlo, seleccionarlo y empacarlo. El luche seco puede refinarse en productos condimentados que llegan directo al consumidor; estos productos se han popularizado tanto como los dulces (caramelos) y su costo de producción va a variar dependiendo el sistema geográfico (Crespi & Michael, 2009).

2.2.3 Cochayuyo (Durvillaea antárctica)

Según Arbaiza et al. (2020), es un alga roja consumida y comercializada en los mercados locales. Sin embargo, su producción proviene íntegramente de la actividad extractiva por lo cual es necesario desarrollar su cultivo. Así mismo, los principales factores que afectan el proceso de cultivo son la luz (intensidad y fotoperiodo) y la temperatura.

Tabla 2-3

Taxonomía del alga Cochayuyo Durvillaea antarctica

División	Phaeophyta
Clase	Phaeophyceae
Orden	Durvillaeales
Familia	Durvillaeaceae
Especie	*Durvillaea antarctica*

Fuente: (Cárdenas et al., 2020)

Realizado por: Johanna Carrera

En la tabla 2-3 se puede observar la ubicación de la taxonomía del alga Cochayuyo *Durvillaea antárctica*, es un alga parda comestible rica en yodo que habita en la costa de los mares subantárticos, son de color pardo verdoso cuando están en el mar y pardo rojizo después de secarse, tienen consistencia carnosa y su interior es una estructura de panal que les da gran resistencia para soportar el embate del oleaje (Cárdenas et al., 2020).

Formas en que se consume: Su sabor es agradable, mayormente se consume seca y luego de hidratarla con agua caliente, se utiliza en ensaladas y guisos (Cárdenas et al., 2020).

Cosecha en la orilla del mar: Se aprovecha la marea baja para cortar el cochayuyo o recoger los que el mar ha dejado varado en la orilla. En caso de marea alta los cochayuyeros se ponen sus trajes de neopreno y se meten al mar con un cuchillo para poder llegar a las rocas más lejanas y cortar el cochayuyo hasta llevarlo a la orilla. El proceso de cosecha tiene una duración de 2 a 3 horas de faena (Luis, 2017).

Arrastra hasta la orilla: El cochayuyo cortado es llevado a las rocas o laderas con ayuda de mujeres y niños (Luis, 2017).

Secado: En esta etapa, se deja secar el cochayuyo de manera que pierda peso y así facilitar su traslado por las empinadas laderas. Se deja secar por 10 días (Luis, 2017).

Sube al hombro por el acantilado: El cochayuyo recolectado desde las rocas hasta arriba del acantilado donde las carretas con bueyes esperan. Son alrededor de 400m de cuesta con más de 50kg de alga sobre las espaldas. Entre octubre y diciembre se realiza esta rutina de corte y recolección 3 a 4 veces hasta tener la materia prima suficiente para su trabajo (Luis, 2017).

Serenado: El cochayuyo se esparce sobre el pasto para el serenado, aquí es donde el alga irá tomando color cada vez más claro o rubio con ayuda del sol y el rocío. De aquí se pueden distinguir dos tipos de cochayuyo: el negro, producto de un soleado de un día, y cuya venta es más común dentro de las comunidades; y el rubio, producto de un soleado de tiempo más prolongado, y de una mayor popularidad (Luis, 2017).

Se Recoge el "coyoy" temprano así tendrá un porcentaje de humedad y estará más dúctil para el empaquetado.

Empaquetado: El antebrazo da el largo del paquete y el puño el grosor. Durante 3-4 meses se alternan las actividades agrícolas y domesticas hasta que se completen las 4000 unidades de paquetes que son las necesarias para llenar la carreta. Se realiza en primavera y verano. Una vez hechos los paquetes se arman los fardos, de 20 paquetes cada uno (Luis, 2017).

2.2.4 Wakame (Undaria pinnatifida)

El cultivo de *Undaria* se realiza por diferentes métodos, pero todos ellos basados en la misma técnica, se capturan las zoosporas producidas de forma natural por el esporofito y se continua su ciclo artificialmente en estanques. Las esporas se adhieren a cuerdas con nudos dispuestos convenientemente y se convierten en gametofitos que dan origen a las jóvenes generaciones de esporofitos, los cuales, para su mejor aprovechamiento, se introducen en agua del mar justo en el último momento, permaneciendo el ciclo controlado el mayor tiempo posible. Se distinguen cinco fases en el sistema de cultivo: la producción de semillas, el pre-cultivo en tanques, el cultivo en mar abierto, la cosecha y procesamiento (Bañeras, 2014).

Tabla 2-4

Taxonomía de alga wakame (Undaria pinnatifida)

Clase	Phaeophyta
Orden	Laminariales
Familia	Alariaceae
Género	Undaria
Especie	*Undaria pinnatifida*

Fuente: (Casas & Schwindt, 2008)

Realizado por: Johanna Carrera

En la tabla 2-4 se puede observar la ubicación de la taxonomía del alga wakame Undaria pinnatifida, estas plantas son de color pardo oliváceo y de gran porte, pudiendo superar 1,60m de largo. Se adhieren al fondo marino mediante una firme estructura de fijación que se denomina grampón presenta una nervadura central y, cuando los individuos están reproductivamente maduros, desarrollan una estructura muy ondulada, entre el grampón y la base de la lámina llamada 'esporofilo' que es característica de esta especie. Estas algas alcanzan su mayor tamaño al finalizar el invierno y al comienzo de la primavera. En verano se deterioran y decoloran debido a las altas temperaturas del agua de mar en esta época del año, lo que, sumado al fuerte oleaje producido por los vientos y las corrientes marinas, hace que sean arrancadas y arrojadas sobre la playa (Casas & Schwindt, 2008).

Producción de semillas: El método de siembra más efectivo es el denominado free-living, una técnica vegetativa de gametofitos en matraces. Este método es capaz de proporcionar grandes cantidades de los gametofitos masculinos y femeninos emitidos a partir de sólo varias esporas. Existe un punto crítico a 21-22ºc y 40 umol m - 2 s- 1 bajo luz del día continua en que los gametófitos pierden sus capacidades para la gametogénesis, pero continúan creciendo rápidamente hasta que se rompen por el movimiento del agua; cada parte de ellos crece de nuevo y de nuevo si se corta, de manera que se obtiene una gran cantidad de gametófitos y se pueden sembrar otros matraces que serán sometidos al mismo proceso si se mantienen las condiciones críticas. El método de vida libre le permite a uno tener gametofito-semillas durante todo el año (Bañeras, 2014).

Pre-cultivo en tanques: Cuando llega el tiempo de la siembra, se disminuye la temperatura lentamente hasta 17 °C y se aumenta la intensidad de la luz a 55 umol m-2 s-1,

de manera que pasan a ser fértiles. La solución con los gametófitos fértiles se extiende sobre los colectores, los gametófitos son fijados mediante cadenas esponjosas, que absorbe los gametófitos entre las fibras de la cuerda y los mantiene a pesar del movimiento del agua (Bañeras, 2014).

Cultivo en mar abierto: Las cuerdas se desenrollan del marco y se disponen de manera paralela y horizontal, con una longitud de 100 m de largo, se extienden a un metro de profundidad bajo la superficie. La distancia entre las cuerdas es de 2m. Los ensayos muestran que es mejor transferir las plantas jóvenes al mar antes de que lleguen a 2 mm, de lo contrario, muchas de ellas son arrancadas debido a una unión débil de sus discos de fijación o de enfermedades que aparecen rápidamente después de un cultivo de interior de tres semanas (Casas & Schwindt, 2008).

Cosecha: La cosecha se efectúa ya sea cortando pedazos de las plantas o removiendo la planta entera, dependiendo de la tasa de crecimiento del abastecimiento total y del precio del mercado (Bañeras, 2014).

Procesamiento: La preparación de la "Wakame" para el mercado es sencilla, incluyendo el secado de la planta fresca. El producto seco se pica en pequeños pedazos y se consume crudo como verdura, ensalada verde o aderezo (Calsina et al., 2013).

Condiciones óptimas del cultivo de Wakame: Las temperaturas óptimas extremas, así como las salinidades varían en estadios diferentes del ciclo de vida, por lo que es difícil generalizar. Para el ciclo completo de vida un rango de temperatura de 10 a 20ºC es apropiado, aunque más bajas o más elevadas pueden ser toleradas, en ciertos estadios. Las tolerancias de Undaria sp. a la salinidad, son más bien estrechas, ya que ni los gametofitos ni las esporofitas se desarrollan en una salinidad por debajo del 27% y su mayor crecimiento tiene lugar entre 30 y 33%. Por ello el alga está restringida a estuarios y otras zonas de aguas salobres, y típicamente se dan en situaciones de mar abierto (Casas & Schwindt, 2008).

2.2.5 Kombu (Saccharina japónica)

Suministro de semilla: La producción de semilla es la clave para el sistema de cultivo de *Laminaria*. Las instalaciones productoras de semilla pueden producir 800 millones de plántulas anualmente. Después de recolectar las zoosporas, los substratos con las esporas fijadas son colocados en el invernadero (hatchery) (Lujan, 2013).

Tabla 2-5.

Taxonomía de alga Kombu (Saccharina japónica)

División	Phaeophyta
Orden	Bangiales
Familia	Bangiaceae
Clase	Phaeophyceae
Género	Porphyra
Especie	*Porphyra umbilicales L*

Fuente: (Lujan, 2013)

Realizado por: Gina Vargas

En la tabla 2-5 se puede observar la ubicación de la taxonomía del alga Kombu *Saccharina japónica*, es una especie comestible de alga ampliamente consumida en el Noreste de Asia. Lo que comúnmente se llama "kombu" es parte del género *Laminaria*. Esta alga se descompone fácilmente, no es posible encontrar evidencias arqueológicas. En el periodo Muromachi la técnica de secado permitió almacenar el kombu durante más que unos pocos días, y el kombu se convirtió en un importante artículo exportado (Lujan, 2013).

Engorde: Generalmente, cuando el nivel de N total es menor que 100 mg/m³, se fertiliza el mar, por ejemplo, rociando nitrato de amonio. Las técnicas de engorde se dan por tres métodos: método de cultivo vertical, método de cultivo horizontal y método de cultivo mixto (Lujan, 2013).

El cultivo vertical: hace buen uso del espacio acuático y es un procedimiento simple, fácilmente manejado. El espaciamiento entre las cuerdas de laminaria permite a las corrientes pasar a través de ellas, estimulando así el crecimiento de los esporofitos. En la medida que las plantas cuelgan hacia abajo desde las cuerdas, se sombrean unas a otras del exceso de exposición a la luz del sol. Sin embargo, debido a que la iluminación decrece con la profundidad del agua, las plantas en los extremos inferiores de las cuerdas pueden no lograr suficiente luz para satisfacer sus requerimientos y lograr un buen crecimiento. Esta es una desventaja de este sistema y los cultivadores la contrarrestan invirtiendo periódicamente las cuerdas (Smith, 2010).

El método de cultivo horizontal: puede ser usado en áreas de mar poco profundo donde la turbiedad es alta. En este sistema las cuerdas de cultivo colocadas horizontalmente permiten una iluminación mayor y más uniformemente distribuida a todas las plantas fijadas

que el método de cultivo con cuerdas colgantes. En áreas costeras con corrientes más lentas, el uso de este método permite la extensión más uniforme de las plantas en el agua, de modo que se optimiza la intensidad de la luz y el intercambio de nutrientes. La desventaja de este modelo es que cuando los conjuntos de líneas flotantes se colocan en contracorrientes, las plantas suspendidas desde las cuerdas horizontales tienen una tendencia a retorcerse, entrelazarse y formar manojos. Esto ocurre generalmente durante tiempos tempestuosos, cuando las fuerzas de las corrientes son más fuertes (Lujan, 2013).

El método de cultivo mixto combina los sistemas vertical y horizontal: Las cuerdas primero se suspenden verticalmente y luego son levantadas hasta una posición horizontal. El método mixto ahora ha sido adoptado ampliamente por las empresas de cultivos marinos de Laminaria en China. El método mixto vertical-horizontal supera las desventajas encontradas cuando se usa cualquiera de los otros sistemas. Todas las plantas reciben luz bien balanceada y así se reducen las variaciones en crecimiento y peso. Además, el método vertical-horizontal es menos intensivo en labor que el método de las cuerdas de algas colgantes porque no requiere inversiones periódicas de las cuerdas con algas. En este sistema, los ajustes de las cuerdas de conexión usualmente necesitan hacerse sólo una vez al mes (Smith, 2010).

Técnicas de cosecha: La cosecha es un procedimiento de trabajo intensivo que involucra las siguientes operaciones manuales: desatar las cuerdas de cultivo desde las balsas flotantes; cargar las algas en los botes (y transportarlas a la costa para el secado al sol o procesamiento. La estación de cosecha depende de la temperatura del agua del mar y de la demanda de las unidades de proceso. Cuando la temperatura del agua del mar alcanza 21 °C, se debe cosechar el alga; de lo contrario, se descompone, debido a su baja tolerancia a las temperaturas más altas (Lujan, 2013).

Manipulación y procesamiento: Hay dos métodos principales de proceso: secado al sol de inmediato o salado, seguido por secado al sol. Actualmente, el alga fresca cosechada durante abril primero se hierve en agua de mar y luego se enfría en agua de mar fría. Después se almacena en un depósito fresco para su procesamiento como alimento sazonado instantáneo. La mayoría de la Laminaria cultivada se cosecha durante junio a julio y se seca al sol o se sala (Lujan, 2013).

2.3 Composición Química y Valor Nutricional

En la composición mineral que presentan las algas destaca el Na, K, Ca y Mg como macroelementos esenciales y dentro de los elementos traza el P, Fe, Zn, Mn, Cu. En cuanto a

la composición en aniones, cabe destacar el ion sulfato y el ion cloruro. Las algas marinas contienen un alto nivel de humedad, pudiendo alcanzar hasta el 94% del peso total en algunas especies. Se caracterizan por contener cantidades importantes de proteínas y aminoácidos, minerales, fibra y compuestos fenólicos responsables de la capacidad antioxidante. El contenido en grasa de las algas, por el contrario, es muy bajo (generalmente inferior al 1%). Se considera que la composición química de las algas está directamente condicionada por la especie, la situación geográfica, las condiciones ambientales y especialmente la estación del año. En cuanto a la influencia de la especie, los polisacáridos mayoritarios varían según se trate de algas verdes, pardas o rojas. En las algas pardas predominan los alginatos, fucanos y laminaranos. Las algas rojas contienen de forma mayoritaria galactanos sulfatados como es el agar y los carragenanos (Holdt & Kraan, 2011).

2.3.1 Fibra Alimentaria

El consumo de fibra en la dieta es beneficioso para el cuerpo humano. Este está directamente relacionado con una disminución de los desórdenes y enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon y diabetes. La fibra dietética está compuesta por una fibra soluble e insoluble. La fracción insoluble tiene un efecto laxante y regulador. La fracción soluble por un proceso largo de fermentación en el intestino grueso conlleva a una reducción del colesterol y disminuye a absorción de glucosa en la sangre (Fleurence, 1999).

2.3.2 Proteínas

Las algas contienen niveles altos de proteínas, pero la fracción proteica varia a lo largo del año y también con la especie. Generalmente, son las algas rojas y verdes las que presentan un mayor contenido en proteínas desde un 10 hasta un 47% (peso seco) siendo el alga nori la más destacada por su alto porcentaje de proteínas. Las algas pardas contienen niveles más bajos, que van desde un 3 hasta un 15% (peso seco), exceptuando la especie wakame que puede contener hasta un 24% (Fleurence, 1999).

2.3.3 Aminoácidos

Los aminoácidos son compuestos necesarios para llevar a cabo procesos metabólicos en nuestro organismo. Las algas pardas contienen niveles de aminoácidos esenciales entre el 22 y el 44% del total. Las algas verdes entre el 26 y el 32% y, por último, las algas rojas entre un 14 y un 19% (Fleurence, 1999). De entre todos ellos, las algas verdes contienen como principales aminoácidos esenciales a la valina, leucina y lisina. En las algas rojas contienen aminoácidos esenciales como la leucina, valina y metionina. Dentro de los tipos de

aminoácidos que existen, el ácido aspártico y el ácido glutámico constituyen el mayor porcentaje de aminoácidos presentes en las algas con un valor del 26% (S. Romero et al., 2020).

2.3.4 Grasas

Las algas contienen valores mínimos o muy bajos en lípidos, pero presentan una composición en ácidos grasos de alta calidad la cual está ampliamente influenciada por la situación geográfica y el ambiente que les rodea en su hábitat, así como por distintos factores genéticos. Generalmente, las algas rojas presentan menor cantidad de estos compuestos en comparación con algas pardas, e incluso dentro de cada especie de algas pardas hay diferencias significativas en cuanto al porcentaje de ácidos grasos que contienen cada una de ellas. Las algas son más ricas en ácido palmítico, margárico (ácido heptadecanoico) y esteárico. Al grupo de los monoinsaturados destaca el ácido oleico en un rango entre 21,9 y 41,45% en algunas especies de algas pardas. el interés de la fracción lipídica de las algas se debe fundamentalmente a su contenido en ácidos grasos poliinsaturados. Dentro de este grupo destacan el ácido linoleico y el alfalinolénico (S. Romero et al., 2020).

2.3.5 Cenizas

El contenido total de cenizas presente en las algas da idea de la proporción de minerales presentes es la misma. El contenido de minerales en las algas adquiere valores entre un 8 y 40% expresado en peso seco. Las variaciones en cuanto a los porcentajes de minerales se deben a la especie de alga, a la situación geográfica, a la estación del año y a factores ambientales. En el caso de las algas pardas como Fucus, laminaria y Undaria corresponden al grupo con los porcentajes de minerales más altos. Las algas rojas y las algas verdes son las que menor cantidad de minerales presentan, pero aun así catalogadas con un índice significativo de material mineral (S. Romero et al., 2020).

3. Aplicaciones agroindustriales de las algas comestibles

Desde tiempos pasados, el hombre ha usado las algas con distintos fines. En China desde el año 2700 A.C. y los griegos y romanos las usaban como alimentación, para el forraje como plantas medicinales y en cosmética. La cantidad de algas transformadas en todo el mundo es del orden de 7 billones de toneladas de peso fresco, siendo los países asiáticos los productores de casi el 80 por ciento de las materias primas. Actualmente tienen usos industriales, agropecuarios, alimentación, médico farmacológico, restauración ambiental y agricultura (Hidalgo, 2020).

3.1 Restauración Ambiental

Investigaciones futuras han descubierto la posibilidad de utilizar algas en el tratamiento de aguas residuales, algunas algas pueden absorber iones de metales pesados, como zinc y cadmio, del agua contaminada. En los efluentes de las granjas piscícolas suelen contener altos niveles de residuos nitrogenados (amonio y urea) y carbono que pueden causar problemas a la vida acuática en aguas adyacentes; en muchos casos las algas pueden utilizar gran parte de estos residuos como nutrientes, reduciendo la eutroficación de las aguas. Actualmente se están realizando ensayos para cultivar algas en zonas adyacentes a piscifactorías (Hidalgo, 2020).

3.2 Fertilizantes

Las algas marinas han sido utilizadas durante siglos como abonos en casi todas las zonas agrícolas costeras principalmente isleñas (Islandia, Noruega, Gran Bretaña, Portugal, África Tanzania, Océano Indico, China) donde fueron recolectadas y aseguran que su uso reemplazó la práctica de rotación de cultivos. En el siglo IV en Europa, se encontró documentos sobre la utilización de fertilizantes de origen marino como el alga de género

Laminaría y *Ascophyllum,* siendo aplicadas en hortalizas y frutales. En el siglo XII en Francia, se encontró la presencia de un "fertilizante estratégico" basado en algas marinas que mejoro el rendimiento de sus cultivos. En el siglo XVIII se utilizó el maerl (término bretón que significa sedimentos marinos compuesto por algas rojas) en la costa del Canal de la Mancha (Gran Bretaña), como fertilizante y corrector de suelos ácidos, usando entre 20 a 30 ton/ha como abono de suelos, y a mediados del siglo XIX se creó la primera patente de "seaweed manure" (estiércol de macroalgas marinas) lo que fue reconocido después de 112 años, en 1912, con el nombre de "Penkals" (extracto liquido de algas), el propósito del Penkals fue de trasladar las propiedades como fertilizantes de las algas a ·zonas que se encuentran alejadas de la costa y ser transportado a los centro de abastos más cercanos (Romero, 2009).

Los productos derivados de las algas marinas (extractos líquidos, polvos solubles, bioles, compost, bioestimulante y otros), se vienen utilizando en los últimos 50 años y por sus bajas dosis es posible usarlos en áreas distantes al mar. Así mismo en 1949 los bioestimulante líquidos (de aplicación foliar y al suelo) a partir de macroalgas marinas, comenzaron a ser aplicadas en el Reino Unido a partir de concentrados preparados con harinas de kelps (macroalga *Chloropyta*). Algunos extractos comerciales contienen solo macroalgas marinas,

aunque lo que más abunda son extractos suplementados con oligoelementos y/o harinas de pescado y/o pesticidas (Romero, 2009).

Por otro lado, la adición de algas marinas en el suelo, aporta diferentes beneficios en los cultivos tales como aumento en la producción, mejor germinación de las semillas, mejor calidad y almacenamiento de los frutos, resistencia de las plantas a las heladas, retraso de la senescencia, reducción de infestación por nemátodos, incremento de resistencia en enfermedades fúngicas y bacterianas, mejor crecimiento de raíces, incremento de la cosecha de frutos y semillas, incremento del grado de maduración de los frutos, protección de la planta ante el ataque de insectos y son los responsables de la absorción de nutrientes (Romero, 2009).

3.3 Fertilizantes comerciales a base de algas marinas

3.3.1 Bioestimulantes

Kelpak es un bioestimulante orgánico más conocido en Sudáfrica, conformado en un 100% de algas Ecklonia máxima y Laminaría, que aplicado al suelo promueve el· desarrollo radicular, mejor reacción a la recuperación de heladas y mejor rendimiento total en cultivos de papa de variedad Granoia. Entre otros efectos atribuidos al Kelpak está el aumento del rendimiento comercial y total de los cultivares de papa desde su aplicación a la semilla hasta los 30 días de emergencia, y el aumento de producción en frutales, hortalizas y vegetales. Existe también otras marcas comerciales de bioestimulantes y extractos líquidos basados en algas que presentan el mismo efecto como Ascophyllum nodosum (Islandia), Algifert basado en alga parda (Alemania), Bio-Aigium (Francia), Cytex basado en alga parda (Reino Unido), Seamac (USA), Seasol basado en alga parda (Australia), Cystoseira basado en alga roja y verde (España), y Algafer basado en alga roja (Filipinas) (Hidalgo, 2020).

3.3.2 Extractos Líquidos

El efecto de los extractos líquidos de algas en los cultivares y en el suelo es atribuido inicialmente por el aporte de oligoelementos, pero la pequeña dosis de aplicación foliar de estos biofertilizantes (muy inferiores a las dosis aplicadas como abono verde o compost), que suelen oscilar entre 0,2 y 1 ,5 Kg de alga seca por ha y aplicación, hacen muy poco probable que el efecto fertilizante por oligoelementos constituya la explicación a su efecto estimulante (Hidalgo, 2020).

3.3.3 Bioles

El Biol a base de alga o también llamado bioalga promueve actividades fisiológicas y estimulantes en el desarrollo de la planta., en cultivo de vainas con aplicaciones foliares, dieron como resultado superior en el desarrollo del follaje y producción del cultivo en comparación con aquellos bioles obtenidos de forma tradicional, así mismo aporta significativamente nutrientes y minerales en la fenología que favorecen el rendimiento final del cultivo (Hidalgo, 2020).

3.3.4 Compost a base de Algas

El compost de macroalgas está constituido por "compost mixto" de residuos agro-forestales y de macroalgas marinas, frecuentemente de la división clorophyta (ulváceas, "mareas verdes"). En el Perú se usó al alga Ulva sp como un biofertilizantes siendo aplicado en seco como materia orgánica sobre una tierra de chacra, para evaluar el crecimiento del maíz. Las plantas que tuvieron como sustrato a las algas sobre la tierra de chacra alcanzaron mayor altura que los sembrados en tierra de chacra sola. En Francia (Bahía de Hillion, Bretagne) se recolectaban entre 10000 a 15000 m3 de Ulva sp. al año, las cuales causaban contaminación por los olores y filtración liquida que formaban. El compostaje a base de algas resulto ser la mejor opción para estabilizar estas algas, con una mínima cantidad de sustrato ligrio-celuloso. Obteniendo productos ricos en CaO y MgO (8 -10% y 0.5% respectivamente) (Hidalgo, 2020).

3.4 Carragenina

Se emplea como espesante y gelificante en la fabricación de productos lácteos y cárnicos y en las industrias textiles, cosmética y farmacéutica. La producción de carragenina con un valor de 240 millones de dólares al año se obtenía en un principio de algas silvestres, especialmente *Chondrus crispus* (liquen de Irlanda) y se obtenía en medida limitada en España, Francia, Irlanda, Portugal y en las provincias de la costa este del Canadá. Al crecer la industria de la carragenina, la demanda de materia prima empezó a superar la oferta procedente de recursos naturales. Desde 1970, se ha desarrollado rápidamente la industria debido a la disponibilidad de otras algas que contienen carragenina, las cuales se han cultivado con éxito en países de aguas templadas con bajos costos de mano de obra; aunque también encontramos la recolección de Chondrus silvestre, pero de manera limitada (Bañeras, 2014).

3.5 Alginato

La producción de alginato (cuyo valor es de 213 millones de dólares al año) se realiza por extracción de las algas pardas, la mayoría de las cuales se recogen del medio silvestre. Las algas pardas más útiles crecen en aguas frías, siendo óptima la temperatura inferior a unos 20 °C. También se encuentran algas pardas en aguas más calientes, pero son menos adecuadas para la producción de alginato y se usan poco como alimento. Se utiliza una amplia variedad de especies, que se cosechan en los dos hemisferios, en países como Argentina, Australia, Canadá, Chile, los Estados Unidos, Irlanda, México, Noruega, Sudáfrica y el Reino Unido (Escocia e Irlanda del Norte). La mayor parte de las especies se recogen de fuentes naturales, ya que la materia prima cultivada suele ser demasiado cara para la producción de alginato. En China se utiliza para la alimentación la mayor parte de la Laminaria cultivada, pero se emplea en la industria del alginato la producción excedente (Ondarza & Rincones, 2008).

3.6 Agar

La producción de agar, se obtiene principalmente de dos tipos de algas rojas, uno de los cuales se cultiva desde el decenio de 1960, pero en escala mucho mayor desde 1990, lo que ha propiciado la expansión de la industria del agar. Dos géneros, *Gelidium* y *Gracilaria*, constituyen la mayor parte de la materia prima utilizada para la extracción del agar, pero las especies de *Gelidium* dan un producto de calidad superior. Todo el *Gelidium* utilizado para la extracción comercial del agar procede de recursos naturales, principalmente de España, Francia, Indonesia, Marruecos, México, Portugal y la República de Corea. La especie *Gelidium* es una planta pequeña de crecimiento lento y, aunque los esfuerzos para cultivarla en tanques y estanques han tenido éxito desde el punto de vista biológico, en general han resultado antieconómicos. La especie *Gracilaria* se consideró en otros tiempos inadecuada para la producción de agar debido a que la calidad de éste era mala. Sin embargo, en el decenio de 1950, se encontró que el tratamiento previo del alga con álcali antes de la extracción rebajaba el rendimiento, pero daba un agar de buena calidad. Esto favoreció la expansión de la industria del agar, que anteriormente estaba limitada por la oferta de *Gelidium* disponible, y dio lugar a la recolección de una variedad de especie silvestre de *Gracilaria* en países como Argentina, Chile, Indonesia y Namibia. La *Gracilaria* de Chile era especialmente útil, pero pronto hubo pruebas de una recolección excesiva de algas silvestres, por lo que se desarrollaron métodos de cultivo, tanto en estanques como en aguas abiertas de bahías protegidas. Estos métodos se han difundido de Chile a otros países como

China, Filipinas, Indonesia, Namibia, la República de Corea y Viet Nam, utilizando normalmente especies de *Gracilaria* nativas de cada país. La especie *Gracilaria* puede crecer en aguas tanto frías como templadas. Actualmente, la oferta de *Gracilaria* sigue procediendo principalmente de la recolección del medio silvestre, ya que la medida del cultivo depende de las fluctuaciones de los precios (Bourgougnon & Bedoux, 2011).

3.7 Harinas de Algas

La harina de algas empezó a producirse de forma experimental en Noruega en el decenio de 1960, y se utiliza como aditivo en los piensos. Se obtiene de algas pardas que se secan y muelen. El secado se realiza en hornos de petróleo crudo, por lo que los precios de éste influyen en sus costos, las algas secas derivadas de la producción de biocombustible pueden reemplazar hasta un tercio de la harina de soja en dietas para cerdos y pollos. Es una fuente atractiva porque es elevada en proteína (20-70%), en comparación con aproximadamente el 10% en maíz y el 40% en soja (López, 2012).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación:

Dado que el objetivo del estudio fue los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial de las algas comestibles, se recurrió a un diseño no experimental considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficiente; se procedió a realizar una investigación de tipo descriptivo simple para conocer a detalle los estudios y datos recolectados sobre las algas comestibles, su sistema de producción y sus propiedades nutricionales.

La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es una investigación donde no se hace variar intencionalmente las variables independientes; lo que se realiza en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo (Tancara, 2008).

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación, sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas (Agudelo et al., 2012).

3.2 Métodos de Investigación

Se realizó una profunda investigación de documentos sobre los sistemas de producción, propiedades nutricionales y la aplicación agroindustrial de las algas comestibles de las siguientes fuentes: normas técnicas nacionales e internacionales, revistas, artículos científicos, libros, tesis de pregrado y posgrado, se utilizó buscadores como: Google académico, Scielo. Posteriormente los datos bibliográficos obtenidos se analizaron, lo cual permitió conocer los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial a partir de las algas comestibles, esta diferenciación permitió concluir el presente trabajo de Investigación.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Principales sistemas de Producción de algas comestibles

Se analizaron 7 especies de algas clasificadas de la siguiente manera: rojas (*Porphyra spp., Chondrus crispus, Palmaria palmata*), pardas (*Laminaria spp., Undari pinnatífica, Hilmanthia elongata*) y verdes (*Ulva lactuca*), todos ellas de dos orígenes diferentes, China y Corea y de la Unión Europea Tabla 4-1 (Ruíz & Armendáriz, 2013).

Tabla 4-1

Características generales de las algas marinas comestibles.

Origen	Tipo de alga	Especie	Nombre comercial
Costa asiática	Parda	*Laminaria spp.*	Kombu
	Roja	*Porphyra spp.*	Nori
	Parda	*Undaria pinnatifida*	Wakame
Unión Europea	Parda	*Himanthia elongata*	Espaguettis de mar
	Roja	*Chondus crispus*	Musgos de Irlanda
	Verde	*Ulva lactuca*	Lechuga de mar
	Parda	*Laminaria spp.*	Kombu
	Roja	*Porphyra spp.*	Nori
	Parda	*Undaria pinnatifida*	Wakame
	Roja	*Palmaria palmata*	Dulce
	Roja/Parda/Verde	*Laminaria spp. Palmaria, palmata, Ulva lactuca*	Ensalada de algas

Fuente: (Ruíz & Armendáriz, 2013)
Realizado por: Gina Vargas

Según Ruíz & Armendáriz (2013) los principales sistemas de producción de las algas marinas, que también son conocidas como "vegetales del mar", constituyen un grupo de vegetales marinos fotosintéticos distribuidos en los fondos de los mares y océanos. Se caracterizan porque presentan diferente coloración (roja, parda, verde, azul-verdosa)

resultado de la presencia y abundancia de pigmentos naturales fotosintéticos. Perteneciente a las especies *Laminaria spp*. (Kombu), *Porphyra spp*. (Nori) y *Undaria spp*. (Wakame) son ampliamente consumidas, crudas o cocidas, en la dieta macrobiótica oriental.

Según Hernández & Labbé (2014) Sistema extensivo: Se basa en el aprovechamiento de la producción natural. El control sobre depredadores y competidores es muy limitado o no existe, tampoco sobre los parámetros físico-químicos del agua. El esquema de producción se caracteriza por el uso de extensas áreas para el cultivo, en el cual las actividades fundamentales se limitan a la obtención y confinamiento de organismos a una densidad normalmente baja y conocida.

Sistema intensivo: Es el sistema de producción basado en un elevado dominio tecnológico, expresado en el control estricto de la población de cultivo (densidad y talla) y el aprovechamiento óptimo del espacio disponible. Así pues, contempla al mismo tiempo el control estricto de los depredadores y competidores, de la calidad del agua y de la alimentación. Es común dentro de este esquema el empleo de sistemas de aireación, filtración, producción de alimento vivo, desinfección y prevención de enfermedades. Dependiendo del grado de sofisticación puede incluir la recirculación del agua de cultivo, el uso de organismos mejorados genéticamente, el control automatizado de la calidad del agua y de la alimentación

Según Barra (2010) en las algas pardas, verdes y rojas se ha empleado el sistema de cultivo intensivo en el interior con una iluminación artificial, normalmente externa a los recipientes de cultivo, o bien el sistema de cultivo extensivo en el exterior en grandes tanques o estanques haciendo uso de la luz natural. Las técnicas intensivas son satisfactorias en lo que se refiere a fiabilidad y productividad, en lo cual se representa a inversión y mano de obra, mientras que los métodos extensivos suelen ser menos fiables a veces no muy productivos ya que va a depender mucho de los factores climáticos.

4.2 Propiedades Nutricionales de las Algas comestibles

Desde el punto de vista nutricional, las algas comestibles son bajas en calorías, presentan alta concentración de proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas la Tabla 4-2 presenta datos de la composición química de distintas algas comestibles (Quitral R. et al., 2012).

Tabla 4-2

Composición química de algas.

Composición Química de Algas (g/100g base seca)				
Alga	Proteínas	Lípidos	Cenizas	Fibra dietética total
Grateloupia turuturu	22.9 ± 2.0	2.6 ± 0.1	18.5 ± 0.6	60.4 ± 2.3
Ulva clathrate	20.01 ± 0.1	2.2 ± 0.1	27.5 ± 0.2	40.6
Ulva lactuca	8.46 ± 0.01	7.87 ± 0.10	19.59 ± 0.51	54.90 ± 0.95
Durvillaea	11.6 ± 0.9	4.3 ± 0.6	25.7 ± 2.5	-
Laminaria saccharina	25.7± 0.11	0.79 ± 0.07	34.78 ± 0.08	-
Hizikia fusiforme	10.9 ± 1.0	1.4 ± 0.1	-	62.3 ± 0.7

Fuente: (Quitral R. et al., 2012)

Realizado por: Johanna Carrera

Según Quitral R. et al (2012) nos da a conocer que en general las proteínas de algas son ricas en glicina, arginina, alanina y ácido glutámico; contienen aminoácidos esenciales en niveles comparables a lo que indica la FAO/OMS como requerimientos, sus aminoácidos limitantes son lisina y cistina. En las algas rojas, se encuentra el aminoácido libre taurina, que está presente en la mayoría de los tejidos. Taurina participa en muchos procesos fisiológicos con osmoregulación, inmunomodulación, estabilización de membrana, tiene un rol muy importante en el desarrollo ocular y del sistema nervioso, este aminoácido libre es necesario en mayor cantidad durante la infancia que durante la adultez. Las algas comestibles son excelente fuente de vitaminas A, B1, B12, C, D y E, Riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico.

Según Holdt & Kraan (2011) Las algas también llamadas “las verduras del mar” son un alimento de alto valor nutritivo, que proporcionan gran cantidad de vitaminas y minerales. No obstante, el consumo de algas requiere de ciertas normas de seguridad alimentaria. Un aspecto importante que no hay que olvidar es la capacidad de las algas que debido al hábitat en el que viven de bioacumular no sólo elementos esenciales y minerales sino también elementos tóxicos como metales pesados y arsénico. En este sentido, en Francia y en otros

países están regulados los valores máximos permitidos en las algas de metales pesados y otros minerales considerados tóxicos, como el plomo, cadmio, mercurio, cobre, manganeso, zinc y arsénico.

4.3 Aplicaciones Agroindustriales

Según Hidalgo (2020) desde los tiempos pasados, el hombre ha usado las algas con distintos fines, hoy en la actualidad tienen usos tales como: industriales, agropecuarios, alimentación, medico farmacéutico, restauración ambiental y agricultura. Las algas marinas durante siglos han sido utilizadas como abonos en las zonas agrícolas, el cultivo fue mejorando gracias a las algas marinas, lo cual fue considerado como un fertilizante estratégico. En investigaciones también se da a conocer que las algas comestibles sirven para la restauración ambiental, en tratamientos de aguas residuales, por lo que las algas pueden absorber iones de metales pesados, como el zinc y cadmio del agua contaminada. Las algas como bioestimulantes son aplicados al suelo, dan su uso en promover el desarrollo radicular, mejor reacción a la recuperación de halada y mejor rendimiento en cultivos.

Según López (2012) Los alginatos se utilizan como espesantes de alimentos y productos farmacéuticos y en la estampación de tejidos. Si se añade una sal de calcio a una disolución de alginato sódico, se forma un gel, y esta propiedad tiene aplicaciones en la industria alimentaria y en otras ramas de producción. También se puede obtener alginato cálcico en forma de fibras que se utilizan para fabricar vendajes quirúrgicos.

Según Bañeras (2014) la carragenina se utilizan como espesantes y gelificantes en todo lo que son productos lácteos y también en las industrias textiles, cosméticas y farmacéuticas. Las propiedades espesantes y gelificantes de los varios tipos de carragenina son bastante diferentes. Los cationes no tienen efecto en las propiedades no gelificantes de la carragenina lambda, pero ésta se puede gelificar en concentraciones muy altas de sal. La carragenina es el nombre genérico para la familia de polisacáridos gelificantes y viscosantes, las cuales son obtenidas por la extracción de ciertas especies de algas rojas de las especies *Gigartina, Hypnea, Eucheuma, Chondrus e Iridaea*. Cuando se usa en productos alimentarios, no tiene valor nutricional considerable y es usada en procesos alimentarios como gelificante, espesante, por sus propiedades emulsificante y para aplicaciones farmacéuticas.

Conclusiones

- Se determina que el mejor sistema de producción de algas rojas, verdes y pardas, es el sistema intensivo debido a que se controla todas las características externas como también se puede controlar y prevenir enfermedades, agentes externos; por lo tanto, se va a obtener un producto de calidad.
- Luego de a ver analizado las algas comestibles se determina que tienen estos nutrientes en la cual las algas rojas tienen una alta fuente de proteínas, las algas verdes contienen alto nivel de arginina, glicina, histidina y taurina, las algas pardas tiene excelente fuente de vitaminas, las mismas que poseen un buen aporte nutricional alto en vitaminas y proteínas la cual las algas comestibles se convierten en un alimento saludable, nutritivo y seguro, que complementa con los requerimientos del organismo humano sin alterar el nivel calórico, lo que indica que puede incluirse dentro de las dietas diarias para mantener un peso balanceado o también bajar de peso, más sin embargo, es apto para el consumo alimenticio de todas las personas desde los niños hasta los adultos mayores, brindando beneficios en la salud.
- Debido a sus propiedades nutricionales, altas en proteína, vitaminas y aminoácidos esenciales se puede utilizar en cualquier campo de la agroindustria, especialmente en la elaboración de alimentos como gelificante o espesante, tanto en la industria cárnica, láctea, repostería o pastelería. También se puede emplear en el campo farmacológico como rellenantes de cremas, losiones, entre otras aplicaciones como el agar y el alginato.

Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de sistema de producción de algas comestibles intensivo ya que va a generar mayor fiabilidad, productividad y alto beneficio económico.
- Dentro de los valores nutricionales de las algas comestibles se recomienda las algas rojas y verdes para mayor consumo ya que tienen un alto contenido de proteínas y vitaminas.
- En vista de su alto poder gelificantes se recomienda la utilización de las algas rojas como las carrageninas en la industria láctea y cárnica.

REFERENCIAS

Agudelo, G., Aigneren, M., & Ruiz, J. (2012). *Diseño de experimental- no experimental*. Universidad de Antoquia.

Arbaiza, S., Advincula, O., Arbaiza, L., Arango, J., & Meza, V. (2020). *Efecto de la luz y la temperatura en la esporulación de cigotosporas de cochayuyo Porphyra spp.* (Vol. 81, Issue 1). Universidad Nacional Agraria la Molina.

Bañeras, S. (2014). Análisis del sector de producción de algas con fines alimentarios . Percepción del consumidor frente al consumo de algas. In *Escuela Superior d´Agricultura de Barcelona*. Universitat Politécnica de Catalunya BarcelonaTech.

Barra, R. (2010). *Diseño de un fotobioreactor industrial para cultivo de spirulina (Arthrospira platensis)*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Bourgougnon, N., & Bedoux, G. (2011). *Las algas: potencial nutritivo y aplicaciones cosméticas Seaweeds applications View project International Master in Marine Biotechnology View project*. *January*, 15. https://www.researchgate.net/publication/236882236

Calsina, I., Carvajal, P., Cayola, J., Ceballos, P., Fernández, R., & Fernández, F. (2013). *Ecodiel business plan: tasty seaweed from Huelva*. 220.

Camurati, J., Hocsman, J., & Salomone, V. (2019). Potencialidades de las macroalgas marinas argentinas. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, *32*(2), 16. https://doi.org/10.47193/mafis.3222019121907

Cárdenas, S., Blanco, G., Chávez, E., Mendoza, R., Oblitas, K., & Saavedra, N. (2020). *Consumo de algas en Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Casas, G., & Schwindt, E. (2008). Un alga japonesa en la costa patagónica. *Ciencia Hoy*, *18*(107), 31–39.

Codex Alimentarius. (2017). *Norma Regional Para Productos a Base De Alga Nori (Cxs 323R-2017)*.

Crespi, V., & Michael, N. (2009). Porphyra spp. *FAO*.

Fernández, A., & Alvítez, E. (2019). Taxonomía e importancia de “spirulina.” *Arnaldoa*, *26*(3), 14.

Fleurence, J. (1999). *Seaweed proteins : biochemical , nutritional aspects and potential uses*. *10*, 26–29.

Florencia, N. (2018). Estudio de harinas de algas marinas comestibles y su incorporación en productos cárnicos. [Universidad Nacional de la Plata]. In *Universidad Nacional de la Plata (Buenos Aires)*. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73022/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gewerc, V., & Muñoz, G. (2006). *" Desarrollo De Una Galleta Tipo Snack , En Base a Algas Comestibles , Con Enfoque Al Mercado Asiatico "* [Universidad de Chile]. http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/qf-gewerc_v/pdfAmont/qf-gewerc_v.pdf

Gómez-Ordóñez, E. (2013). Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios in vitro e in vivo. *Tesis Doctoral*, 238.

Hernández, A., & Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biologia Marina y Oceanografia*, *49*(2), 17. https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001

Hidalgo, R. (2020). *Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) ante la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en la zona de Simón Bolívar provincia del Guayas.* [Universidad técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7976/TE-UTB-FACIAG-ING AGRON-000233.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Holdt, S., & Kraan, S. (2011). *Bioactive compounds in seaweed : Functional food applications and legislation Bioactive compounds in seaweed : functional food applications and legislation*. *June*, 56. https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5

Jiménez, J., & Hernández, M. (2004). Algas. In *Las prensas de ciencias*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Jourdan, J. P. (2014). *Cultivo de la Spirulina*. 235.

López, A. (2012). *The state of world fisheries and aquaculture*.

Luis, C. (2017). El Cochayuyo. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, *4*(11), 3. file:///C:/Users/Personal/OneDrive/Escritorio/TESIS/469550538012.pdf

Lujan, M. (2013). *Efecto del carragenano y harina de Chondracanthus chamissoi "cochayuyo" en la producción de anticuerpos Anti-Newcastle por Gallus gallus raza haiser "gallinas ponedoras" vacunadas con la cepa La sota del virus Newcastle* [Universidad nacional de trujillo]. file:///C:/Users/Personal/OneDrive/Escritorio/TESIS/Lujan Reyes, Maria.pdf.pdf

Montoya, N. (2019). Toxinas paralizantes de moluscos en el Mar Argentino: impacto, transferencia trófica y perspectiva. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, *32*(1), 24. https://doi.org/10.47193/mafis.3212019061805

Ondarza, M., & Rincones, R. (2008). El Cultivo De Algas Marinas: Alternativa Industrial En Acuacultura Sustentable a Mediano Y Largo Plazo. *Teoria e Historiografia $h [Texte Imprime] / $c Alejo Maldonado Gallardo*, *3*(2), 7. https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942914009.pdf

Pedraza, G. (2013, August). *Cultivo de Spirulina máxima*.

Pereira, L. (2014). A review of the nutrient composition of selected rubus berries. *Nutrition and Food Science*, *45*(2), 34. https://doi.org/10.1108/NFS-07-2014-0063

Quitral R., V., Morales G., C., Sepúlveda L., M., & Schwartz M., M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutricion*, *39*(4), 196–202. https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000400014

Quitral, V., & Morales, C. (2012). *valor nutricional.pdf*. *39*(4), 7. https://www.researchgate.net/publication/235767788_A_review_of_the_nutrient_composition_of_selected_edible_seaweeds

Ridner, E. (2006). *Valor nutricional de la soja*. http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf

Rojas, N., Valdivieso, R., & Salas, I. (2018). *Composición Nutricional de la alga roja Rodhymenia howeana de la Bahía de Ancón, Perú* (Vol. 84, Issue 4). Universidad Mayor de San Marcos.

Romero, C. (2009). *Efecto de las algas marinas de ancon (ulva sp. y gracilaria sp) como fertilizante orgánico en el rendimiento del cultivo de papa canchan en un suelo costero.* [Universidad nacional del Callao]. file:///C:/Users/Personal/Downloads/T.333.7.R81.pdf

Romero, S., Blanco, G., Chávez, E., Mendoza, R., Oblitas, K., & Saavedra, N. (2020). *Consumo de algas en el perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Romo, H., Ávila, M., Candia, A., & Núñez, M. (2005). *Manual de técnicas de cultivo de "Luche" (Porphyra Sp.)*. Universidad de Concepcion.

Ruíz, N., & Armendáriz, R. (2013). Metales en algas comestibles: Evaluación y estudio comparative. *Revista de Toxicologia*, *30*(2), 12. https://www.redalyc.org/pdf/919/91931189009.pdf

Smith, S. (2010). *Vigilancia tecnología sobre el aprovechamiento y cultivo de micro y macro-algas para la eliminación de CO2 en la producción de biomasa* [Universidad central "Marta Abreu" de las villas]. file:///C:/Users/Personal/OneDrive/Escritorio/TESIS/TD Suzette Algas.pdf

Tancara, C. (2008). La Investigacion Documental. *Versión On-Line ISSN 2413-5720*, 16.