

Artículo de Revisión

Microalgas como sustituto de proteínas de origen animal
Microalgae as a substitute for proteins of animal origin

Andrea Basantes Chango*, Gissela Quinapanta Pérez**, Evelyn Vásquez Quishpe***

*Analista de Investigación, Carrera de Nutrición y Dietética. Universidad Técnica de Ambato.

ORCID 0000-0002-6241-1724

** Analista de Investigación, Carrera de Nutrición y Dietética. Universidad Técnica de Ambato. ORCID

0000-0002-8691-932

*** Analista de Investigación, Carrera de Nutrición y Dietética. Universidad Técnica de Ambato.

ORCID 0000-0002-9652-8189

gquinapanta7384@uta.edu.ec**Resumen.**

Introducción: Las microalgas tienen un alto valor nutricional porque no solo aportan vitaminas (A, B, C, E, K), minerales, aminoácidos esenciales, polisacáridos y lípidos (omega-3 y omega-6), sino que también aportan con los complementarios necesarios que requiere cada grupo etario pudiendo ser aplicable en los alimentos de la dieta diaria. Esto se debe al alto contenido nutricional y está relacionado no solo con la proporción de proteínas, sino también con la presencia de ácidos grasos, vitaminas y aminos pudiendo ayudar a reducir la desnutrición en personas particularmente vulnerables. El potencial de empleo de las microalgas es enorme, pasando desde su consumo en la alimentación diaria como modificaciones parecidas a la carne de origen animal en textura o como colorantes alimenticios naturales de amplia gama de pigmentos hasta su empleo como fuente de compuestos de interés en medicina, farmacia, aprovechando sus propiedades desintoxicantes y antioxidantes convirtiéndolas en un ingrediente codiciado para el posicionamiento premium en el sector de la salud y bienestar. Las mismas sustituyen a las proteínas de origen animal, de esta manera se evita el sacrificio animal y preserva la especie. Así mismo aportan mayor cantidad de macronutrientes y micronutrientes considerándose un súper alimento que aporta innumerables beneficios a nuestra salud. La organización de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de Salud señalan que las microalgas son una alternativa muy factible ante los problemas de desnutrición.

Objetivo: Analizar las diferentes referencias bibliográficas con el fin de coleccionar información relevante a cerca de las propiedades nutricionales de las microalgas como sustituto de las proteínas de origen animal.

Materiales y Métodos: Artículos específicos sobre el tema de microalgas fueron revisados desde el año 2003 hasta el año 2020, son artículos en los que fue considerado el tiempo con datos actualizados. Se realizó búsquedas de manera sistémica tales como: Scielo, Nova Science Publishers, Google Académico, Dialnet, Latindex, Digital.CSIC., Redib, los cuales han sido fundamentales para una búsqueda concisa y veraz de datos actualizados, ya que en este artículo se analiza los diferentes usos así como la producción de microalgas como suplementos dietéticos y sustitutos de carne animal, por el consumo de estas. Las palabras claves que se utilizaron para la búsqueda fueron: microalgas, alimento proteico, sustitución de proteínas, proteínas de origen animal.

Resultados: La bibliografía señala que las microalgas podrían ser suplementos dietéticos muy valorados por su composición nutricional, ya que aporta con un elevado contenido de proteínas de alta calidad, siendo éstas potenciadas en algunos países desde muchas décadas atrás ya que se estableció la primera planta de producción a gran escala de las especies de *Chlorella* y *Spirulina* por el fácil acceso y por la diversidad de ventajas industriales y de productividad.

Conclusión: Las microalgas pueden llegar a ser un aporte fundamental en la obtención de proteínas de manera natural, evitando el sacrificio animal, pues trae diversos beneficios para la salud tanto nutricionalmente como económicamente, siendo esta adaptada a las diversas fisiologías del individuo, así como preservar la especie animal.

Palabras clave: Microalgas, *Spirulina*, Proteína animal, Valor Nutritivo, Sustituto, *Chlorella*.

Abstract.

Introduction: Microalgae have a high nutritional value because they not only provide vitamins (A, B, C, E, K),

minerals, essential amino acids, polysaccharides and lipids (omega-3 and omega-6), but also provide with the necessary complementary required by each age group being able to be applicable in the food of the daily diet. This is due to the high nutritional content and is related not only to the proportion of proteins, but also to the presence of fatty acids, vitamins and amines and can help to reduce malnutrition in particularly vulnerable people. The potential use of microalgae is enormous, ranging from their consumption in the daily diet as modifications similar to meat of animal origin in texture or as a natural food colouring agent with a wide range of pigments, to their use as a source of compounds of interest in medicine, They replace animal proteins, thus avoiding animal slaughter to preserve the species, as well as providing a greater amount of macronutrients and micronutrients and are considered a superfood that provides countless benefits to our health. The United Nations and the World Health Organization point out that microalgae are a very feasible alternative to the problems of malnutrition. Objective: To analyze the different bibliographical references to collect relevant information on the nutritional properties of microalgae as a substitute for animal proteins.

Materials and Methods: Specific articles on the subject of microalgae were reviewed from 2003 to 2020, articles in which chronological time was considered with updated data. Systemic searches were carried out such as: Scielo, Nova Science Publishers, Google Scholar, Dialnet, Latindex, Digital.CSIC, Redib, which have been fundamental for a concise and truthful search of updated data, as this article analyses the different uses and production of microalgae as dietary supplements and substitutes for animal meat, due to their consumption. The keywords used for the search were: microalgae, protein food, protein replacement, animal protein.

Results: The bibliography indicates that microalgae could be highly valued dietary supplements due to their nutritional composition, as they provide a high content of high-quality proteins and have been promoted in some countries for many decades since the first large-scale production plant of *Chlorella* and *Spirulina* species was established due to their easy accessibility and the diversity of industrial and productivity advantages.

Conclusion: Microalgae can become a fundamental contribution in obtaining proteins in a natural way, avoiding animal slaughter, as it brings various benefits such as preserving the animal species, for health both nutritionally and economically, being adapted to the diverse physiologies of the individual.

Keywords: Microalgae, *Spirulina*, Animal protein, Nutritional value, Substitute, *Chlorella*.

Recibido: 27-06-2021

Revisado: 12-09-2021

Aceptado: 12-09-2021

Introducción.

Desde 2005, la ONU y la OMS han estado considerando las microalgas como una alternativa al problema de la desnutrición. Esto se debe al alto contenido nutricional y está relacionado no solo con la proporción de proteínas, sino también con la presencia de ácidos grasos, vitaminas y aminos pudiendo ayudar a reducir la desnutrición en personas particularmente vulnerables. El potencial de empleo de las microalgas es enorme, pasando desde su consumo en la alimentación diaria como modificaciones parecidas a la carne de origen animal en textura o como producir colorantes alimenticios naturales de amplia gama de pigmentos hasta su empleo como fuente de compuestos de interés en medicina, farmacia aprovechando sus propiedades desintoxicantes y antioxidantes convirtiéndolas en un ingrediente codiciado para el posicionamiento premium en el sector de la salud y bienestar o incluso en aplicaciones medio ambientales como la producción de biodiésel o su uso como sumideros de CO₂ o para eliminar nitrógeno y fósforo en

aguas residuales (1) . Datos históricos redactan que el estudio científico de las microalgas

comienza en 1890 con cultivos de *Chlorella vulgaris*, puesto que el concepto de producción masiva de dicho microorganismo se llevó a cabo por primera vez en Alemania durante la II guerra mundial, siendo este dirigida a la producción de lípidos, en la que se utilizaron las especies *Chlorella pyrenoidosa* y *Nitzschia palea* (2) , estas especies son de agua dulce o marina, que crecen utilizando la luz solar y CO₂ de manera similar a las plantas. La producción de proteína microalgal ha representado desde principios del siglo XX una opción biotecnológica de discutida viabilidad en el manejo y aprovechamiento de desechos orgánicos de origen agrícola, constituyendo una alternativa recurrente de convertir estas fuentes de contaminación en materiales útiles desde un punto de vista económico, nutricional e industrial. En la actualidad existen más de 100.000 especies aunque solo se explotan comercialmente unas 200, su producción es mayoritaria siendo de gran

comercialización los siguientes productos como los complementos dietéticos en forma de pastilla de Chlorella o Spirulina, compuestas de proteína, antioxidantes, vitaminas y minerales o la producción de ácidos grasos omega (3) (DHA y EPA), siendo su potencial utilización en el sector alimentario especialmente con el auge de las tecnologías alimentarias que han permitido explorar con más detalle el aporte nutricional explotando sus proteínas vegetales que contiene todos los aminoácidos esenciales, es decir, es sumamente importante para la alimentación de todos los grupos poblacionales incluyendo tanto a vegetarianos como veganos, ya que este, puede sustituir la proteína de origen animal, así mismo cuenta con una gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes, gracias a su composición nutricional, también son posibles las declaraciones de propiedades saludables deseables que incluyen el mantenimiento de los niveles de colesterol en sangre, la visión normal y la salud ósea, así como la reducción del cansancio, la protección celular y el apoyo del sistema inmunológico(4).

El objetivo es tener conocimiento sobre los soportes nutritivos de las microalgas como sustituto de una proteína de origen animal con lo cual se pretende concientizar a las personas en el cuidado del medio ambiente ya que esto ayudaría a disminuir y futuramente erradicar el sacrificio animal.

Objetivo.

Analizar las diferentes referencias bibliográficas con el fin de coleccionar información relevante a cerca de las propiedades nutricionales de las microalgas como sustituto de las proteínas de origen animal.

Material y métodos.

Artículos específicos sobre el tema de microalgas fueron revisados desde el año 2003 hasta el año 2020, son artículos en los que fue considerado el tiempo cronológico con datos actualizados. Las bases de datos en los cuales se realizó la investigación son: Scielo, Nova

Science Publishers, Google Académico, Dialnet, Medline, Latindex, Digital.CSIC., Redib. Las palabras claves que se utilizaron para la búsqueda fueron: microalgas, alimento proteico, sustitución de proteínas, proteínas de origen animal.

Resultados

El primer registro del consumo de microalgas para suplir la dieta humana fue en China y datada hace más de 2000 años ya que utilizaban la microalga Nostoc para sobrevivir en épocas de hambruna. Por otro lado, registros más recientes del siglo XVI muestran que los conquistadores españoles descubrieron que los aztecas colectaban un alimento novedoso de los lagos y elaboraban una especie de pastel o tortilla llamada techuitlatl, a base de una bacteria fotosintética (también considerada microalga, llamada Spirulina). A pesar de que desde la antigüedad las microalgas representaban una fuente de alimentación rica en proteínas, carbohidratos y grasas, no fue sino hasta 1967 que la Asociación Internacional de Microbiología Aplicada denominó a la Spirulina como “una fuente maravillosa de alimento para el futuro”, puesto que tiene un elevado contenido de proteínas de alta calidad (contenido balanceado de aminoácidos esenciales), que representan entre 60 y 70% de su peso seco. Después de su redescubrimiento, en la década de 1970 se inició la producción a gran escala de éste y otros microorganismos con potencial para la obtención de proteínas; así, se estableció la primera planta de producción a gran escala de Spirulina en México, utilizándolas como alimento en acuicultura; aunque también se les ha destinado a la producción de biocombustibles y fertilizantes, e inclusive, Alfred Nobel utilizó tierra de diatomeas (paredes celulares de microalgas) para estabilizar y absorber la nitroglicerina en la preparación de la dinamita. Dependiendo del nivel de organización celular y la abundancia de pigmentos protectores estos son divididos. Podemos observar información en la (tabla 1) (5)

Tabla 1. Principales grupos de microalgas y sus productos de almacenamiento.

Tipo de célula	Grupo	Pigmentos fotosintéticos y protectores	Productos de almacenamiento
Procariota	Cianobacteria	Clorofila a, ficobilinas, β caroteno, xantofilas	Gránulos de cianoficina, almidón de cianofitano (glicano)
	Glaucofitas	Clorofila a, ficobilinas, β caroteno, xantofilas	Almidón
	Clorarciniofitas	Clorofila a y b, β -caroteno, otros carotenos xantofilas	Carbohidratos
Eucariota	Euglenoides	Clorofila a y b, β -caroteno, otros carotenos xantofilas	Paramilon
	Criptomonas	Clorofila a y c, α y β -caroteno, Xantofilas	Almidón
	Haptofitas	Clorofila a y c, β -caroteno, Xantofilas	Crisolaminarina
	Dinoflagelados	Clorofila a y c, β -caroteno, Xantofilas	Almidón
	Estramenofilos fotosintéticos	Clorofila a y c (clorofilas a solo en algunas, β -caroteno, xantofilas)	Crisolaminarina, lípidos
	Algas rojas	Clorofila a, ficobilinas α y β caroteno, xantofilas	Almidón florídeo.
	Algas verdes	Clorofila a y b, β -caroteno, luteínas, otros carotenos, xantofilas	Almidón vegetal

Los sistemas de cultivo abierto son las técnicas comúnmente utilizadas para la producción de microalgas a gran escala. El sistema artificial más utilizado es el raceway, que consiste en un estanque de forma ovalada que se asemeja a un circuito de carreras, como el de un hipódromo, por ejemplo, estos sistemas no compiten con los cultivos agrícolas por la tierra, ya que pueden establecerse en áreas de producción de cultivos mínima, sin embargo se encuentran limitados por factores de crecimiento abióticos como la temperatura, el pH, la intensidad de la luz, la concentración de oxígeno disuelto, además son fácilmente sometidos a contaminación, puesto que no están cubiertos. Dado que la contaminación es un serio factor limitante para el cultivo de algas en sistemas de estanques abiertos, las especies cultivadas se cultivan bajo ambientes muy selectivos como alta alcalinidad y alta salinidad.

Los sistemas cerrados están generalmente disponibles en forma de tubos, bolsas o placas, que están hechas de vidrio, plástico u otros materiales transparentes. Las algas se cultivan en estos sistemas con un suministro adecuado de luz, nutrientes y dióxido de carbono. Algunos

diseños incluyen reactores anulares, tubulares y de panel plano, con grandes superficies. El sistema de cultivo cerrado es de tipo más regulado y exitoso en el mantenimiento del monocultivo de microalgas (6).

En la actualidad se ha reconocido el valor nutricional de las distintas microalgas debido a su alto contenido de compuestos de origen vegetal los más reconocidos son los carotenoides ya que estos disminuyen los factores de riesgo cardiovascular. La composición nutricional se puede observar en la tabla 2 y 3. Mientras que la comparación de los macronutrientes y micronutrientes entre la composición nutricional de la *Spirulina* máxima y la proteína de origen animal se encuentra en la tabla 4 (7).

Tabla 2. Composición nutricional de macronutrientes

Cantidades %	Proteínas	Carbohidratos	Lípidos
Chlorella vulgaris	51 – 58	dic-17	14 – 22
Dunaliella salina	57	32	6
Scenedesmus obliquus	50 – 56	10 - 17	12 – 14
Spirulina máxima	60 – 71	13 - 16	6 - 7

Tabla 3 Composición nutricional de micronutrientes

Organismo/Aliment (%dw)	Lys	Thr	Met/Cys	Trp	Lle	Leu	Val	Phe
Candida lipolytic	7,8	5,4	2,5	1,3	5,3	7,8	5,8	4,8
Scenedesmus obliquus	5,7	5,1	2,3	1,5	3,8	8,4	5,7	5,1
Spirulina máxima	4,6	4,6	1,8	1,4	6	8	6,5	5

Tabla 4. Comparación nutricional entre la Spirulina máxima y la proteína de origen animal

Nutriente	Spirulina Máxima	Carne Vacuna
Proteínas	58.17 g	34.5 g
Carbohidratos	24 g	20 g
Lípidos	8 g	13.5 g
Calorías	289 kcal	250 kcal
Hierro	28.5 mg	3.3 mg
Fibra	3.6 g	0 mg
Calcio	120 mg	843.8 mg
Magnesio	195 mg	26 mg
Fosforo	108 mg	207 mg
Potasio	1363 mg	294 mg
Niacina	12.82 mg	14 NE
Riboflavina	3.67 mg	0.32 mg
Sodio	1048 mg	65 mg
Vit. B6	0.364 mg	0.27 mg
Vit. D	0 IU	0.79 ug
Zinc	2 mg	8.6 mg

Beneficios de las microalgas

Los complementos alimenticios que se pueden extraer de las microalgas son ricos, diversos y contienen compuestos volátiles, así como una variedad de vitaminas, carotenoides, clorofila, ficobiliproteínas, ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), polisacáridos, esteroides y diversos compuestos fenólicos. Aunque estos compuestos se han propuesto como candidatos terapéuticos para varias enfermedades, algunas de estas propiedades terapéuticas no se han identificado en ensayos clínicos bien establecidos. Se debe potenciar dicho alimento por sus carotenoides son un grupo de más de 600 moléculas orgánicas con pigmentos naturales o pigmentos sintetizados por plantas, algas y bacterias que realizan una variedad de funciones fisiológicas, proporcionando valor de suplemento dietético y la *Vialga Dunaliella salina* es el mayor productor de carotenoides de cualquier fuente conocida y ahora está disponible comercialmente para la producción de betacaroteno en varios países, incluidas frutas, verduras y especias. El betacaroteno es el carotenoide industrial más utilizado en estos alimentos y se utiliza como colorante alimentario y aditivo nutricional en alimentos y piensos debido a sus propiedades y propiedades antioxidantes. La astaxantina producida a partir de microalgas sanas como la enfermedad de Parkinson es comercialmente competitiva en la síntesis o producción de levadura *yeast* o bacterias paranasales utilizadas principalmente en el campo de la espuma y se extrae de *H. pluvialis*. También se descubrió que la clorofila es un pigmento fotosintético que promueve la recuperación de la función hepática y aumenta la secreción de bilis, al igual que repara las células, aumenta la hemoglobina en la sangre y promueve el crecimiento celular.

Estas se utilizan tradicionalmente como colorante en la industria alimentaria debido a la creciente demanda de los consumidores de colorantes alimentarios naturales, la ficobiliproteína es una proteína hidrófila que se une al pigmento fotosintético ficobilina, que se encuentra principalmente en las cianobacterias y algunas algas rojas. Debido a sus propiedades espectrales UV-visible, estas proteínas tienen diferentes colores: ficocianina (azul), ficoeritrina (rojo), aloficocianina (azul claro) y uno de los principales usos de la espirulina en la actualidad es como extracto de ficocianina que se utiliza en una variedad de productos industriales (tintes naturales, iluminadores, cosméticos). Son considerados antioxidantes, agentes antiinflamatorio o hepatoprotectores, además dentro de su composición nutricional los PUFA contienen 3 o más dobles enlaces en ácidos grasos con 18 o más átomos de carbono. En particular, los llamados

PUFA n-3 pueden prevenir diversas enfermedades (enfermedad cardiovascular, cáncer, diabetes tipo 2, enfermedad inflamatoria intestinal, asma, artritis, enfermedad renal y cutánea, depresión y enfermedad cardíaca) y estos compuestos se extraen actualmente y principalmente del aceite de pescado, pero otros compuestos tóxicos no se puede realizar esta acción debido a una serie de problemas como es la acumulación de compuestos tóxicos en el pescado, olor peculiar, molestia, inestabilidad, etc., determinación de oxidación.(8). Por las demás especies que son aptas a consumir los ácidos grasos beneficioso pues ayuda a la agudeza visual, mejor habilidad cognitiva para agregar información, ayuda al sistema cardiovascular, al sistema inmunológico como coadyuvantes en el tratamiento del SIDA y sobre el sistema nervioso, durante la gestación (9).

Principios bioactivos de las microalgas con evidencia de ser beneficioso para la salud

La Ficocianina o C-ficocianina es una proteína de color azul, presente en la mayoría de las cianobacterias, que se encuentra en grandes concentraciones (casi un 15% del peso seco de la biomasa) en el aparato fotosintético de *Spirulina sp.* Se sabe que tiene un poder antioxidante, gracias a la capacidad de neutralizar radicales libres. En cuanto a las actividades antiinflamatorias, la ficocianina inhibe la formación de citoquinas proinflamatorias como TNF α suprime la expresión de ciclooxigenasas-2 (COX-2) y disminuye la producción de prostaglandina E. Además, reduce la concentración de los lípidos a través de la búsqueda de radicales libres, inhibiendo la peroxidación de los lípidos, inhibiendo también la expresión de la NADPH oxidasa e incrementando la actividad de la GSH peroxidasa y superóxido dismutasa que disminuya la expresión de NADPH se puede traducir en una disminución del metabolismo de las grasas, ya que es un cofactor directamente implicado en este proceso. El β -caroteno es un tipo de carotenoide, implicado en mecanismos de fotosíntesis y foto protección de organismos fotosintéticos, que posee un potente poder antioxidante y antiinflamatorio. Se ha demostrado que el β -caroteno protege frente a la peroxidación de lípidos mediada por oxígeno. Además, inhibe la producción de óxido nítrico y prostaglandina E, suprime la expresión de iNOS, COX-2, TNF α y suprime la transcripción de citoquinas inflamatorias incluyendo IL-1 β , IL-6, IL-2 en las células macrófagas estimulada por los lipopolisacáridos. Otra de las propiedades importantes que posee el β -caroteno es que parte de él se convierte directamente en retinol (Vitamina A) una vez se ha digerido. La *Dunaliella salina* ha sido reconocida como una fuente de β -carotenos, ya que hasta un 80% del contenido total de carotenoides que produce pueden ser β -carotenos. (10)

La astaxantina es un carotenoide, concretamente

una xantofila, posee un gran efecto antioxidante y antiinflamatorio debido su capacidad para neutralizar radicales libres. Este efecto antioxidante es mucho más potente que en otros carotenoides como el β -caroteno. La microalga *Haematococcus pluvialis* es capaz de acumular hasta un 4-5% de astaxantina en peso seco, produce el isómero 3S, 3S' que es el mismo que se encuentra en el salmón. Además, la astaxantina no puede convertirse en vitamina A, eso significa que un exceso no causara ninguna intoxicación por hipervitaminosis A. En cuanto a las dosis, la astaxantina natural comercializada en Europa gira entorno a las 12mg, pero las autoridades competentes han aprobado las dosis de 24 mg. No se han identificado efectos nocivos en los estudios realizados con humanos para ninguna dosis. (10)

La luteína es un carotenoide presente en las microalgas, principalmente en la especie *Chlorella*. Tiene un efecto antioxidante y comparte el mecanismo de acción del β -caroteno. Los ácidos grasos omega-3, incluyendo el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), presentan un gran poder antiinflamatorio. Los ácidos grasos omega-3 podemos encontrarlos mayoritariamente en especies de microalgas como *Ulkenia* sp. y *Schizochytrium* sp. con concentraciones de hasta un 32% y 22,5%. Sin embargo, también se puede encontrar en especies como *Chlorella* sp. y *Dunaliella* sp. (10).

Microalgas como sustituto de proteínas de origen animal

Un estudio de encontró que la sal de las microalgas no inducía hipertensión como ocurre con las sales de sodio en los alimentos procesados, la adición de microalgas a los alimentos procesados y la industria cárnica que aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular (11). El principal potencial del uso de microalgas como sustituto de productos cárnicos es prevenir la contaminación de piensos o alimentos. Además de aumentar el apetito y mejorar la calidad nutricional (12). Los alimentos de origen animal son ricos en aminoácidos como metionina, treonina y triptófano, asimismo, ofrece una mejor digestibilidad y mejora los productos cárnicos disponibles en el mercado.

Las microalgas juegan un papel importante como fuente de nutrientes como proteínas, vitaminas y minerales para la salud. En 2015, investigadores de la Universidad Estatal de Oregón desarrollaron un alga roja que sabe y se siente muy similar al tocino. Los estudios muestran que esta nueva variante de mar crece muy rápidamente y contiene un 16% de proteína. También aporta una gran cantidad de nutrientes en la dieta y es más rico en proteínas que el cerdo, aunque el mayor obstáculo es incluir microalgas en la dieta diaria y no comparte el mismo origen y diversificación que los consumidores están acostumbrados a centrarse en las variedades de

carne. Primero debemos aprender los sabores desconocidos y las nuevas texturas que aportan las algas ya que este es un freno importante en el consumo de algas y tan importante como la aceptación de los hábitos sociales por parte del consumidor (13) El uso de microalgas como sustituto de la carne muestra beneficios de producción y esto se debe a que las microalgas no solo proporcionan la cantidad de proteína que ofrece la carne, sino que también benefician al cuerpo de vitaminas, minerales y otros nutrientes.

El uso de microalgas se acepta cada vez más para el consumo humano. Ya que por medio de su cultivo éste se ha ido produciendo a partir de residuos (monóxido de carbono, etc.) como fuente de nutrientes biomasa. Por otro lado, el correcto diseño y optimización de los fotobiorreactores es fundamental (14). La cría de animales es una de las actividades más caras, ya que esta actividad aumenta las emisiones de dióxido de carbono alrededor 7.1 con gigatoneladas de CO₂ que representa el 14,5% de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero siendo factores que influyen en el cambio climático. Algunas emisiones representan el 41% de las emisiones industriales y la producción avícola es del 9% y 8% respectivamente. Ante este problema el cultivo y consumo masivo de microalgas es una posible alternativa (15).

Introducción de las microalgas en la dieta diaria de los seres humanos

Las microalgas comestibles son una rica fuente de proteínas. Las algas rojas, como *Parumaria parumata* (suelta) y alga ajonjolí (wash), pueden contener hasta un 47% de proteína en peso seco, incluso en comparación con la soja (16). Estas semillas se utilizan como suplemento o como sustituto de una ración a base de carne de una comida diaria y son buenas candidatas para colocarse en la parte superior de la lista al aumentar el porcentaje de proteína consumida. Hay dos formas de incorporar microalgas, una nueva fuente de proteínas para la alimentación, en la dieta humana. Agregue cortes de carne y reemplace las porciones de carne en las comidas.

Hay muchas carnes alternativas en el mercado hoy en día, y opciones comunes como la carne de trigo y soja (17) tienen un contenido de proteína de aproximadamente el 35% de su masa seca (18). Sin embargo, proporcionar estas alternativas no es suficiente y es necesario implementar nuevas alternativas (como las microalgas). La principal ventaja de las microalgas sobre la soja es que el contenido de proteínas de algunas especies de microalgas supera el contenido de proteínas de esta leguminosa. La FAO garantiza que para el 2050, la población crecerá un 30% con respecto a su nivel actual. Este crecimiento poblacional significa que la carne produce más de 265 millones de toneladas de proteína (19).

Discusión

Existe el debate entre muchos autores que en la actualidad diversos países se ha dado que la inclusión de microalgas como sustituto de proteínas de origen animal ha presentado ciertos desafíos tanto nutricionales como económicos, sin embargo, creemos que se requiere de más estudios investigativos pues utilizando las correctas estrategias de promoción se puede aplicar fácilmente este producto biotecnológico en todo el mundo, siendo uno de estos retos uso e innovación de los procesos de producción y extracción acoplando equipos técnicos de alto rendimiento, duraderos y muy económicos en referencia de aquellas que se manipulan como producción de carne. El auge del desarrollo de alimentos funcionales se basa en la necesidad de identificar nuevas tecnologías de proceso y aplicarlas en la producción, abriendo nuevas oportunidades para crear productos nuevos, diferentes y potencialmente nutritivos para todo grupo etario ya que en la actualidad existen escasos artículos sobre algún producto innovador de este organismo unicelular por lo cual es importante el progreso de la extracción de principios activos de microalgas como materia prima y por supuesto un estudio detallado de biodisponibilidad, cediendo la posibilidad de otorgar soluciones prácticas en el campo de la nutrición y la alimentación. Por otro lado, se data en estudios previos que la introducción de microalgas en el sector alimentario causa competencias en otras áreas, como nuevas alternativas energéticas a los biocombustibles teniendo resultados generalizados. Y si nos adentramos como sustituto de productos que se ha venido consumiendo por miles de años ejerciendo culturas dietarias difíciles de erradicar y que estas mismas se han visto cuestionadas por las enfermedades que causan si se los consume diariamente, por lo cual el conjunto de dichas problemáticas resulta difícil el integrar nuevos ingredientes en la dieta humana diaria.

Conclusiones

Está claro que la carne de origen animal tiene implicaciones para la salud, ya que la ingesta de carne interfiere directamente con el buen funcionamiento de los intestinos. Las aves, por otro lado, proporcionan niveles más altos de nutrición y participan en la resolución y el control de enfermedades. A pesar de la diversidad de microalgas, uno de los desafíos más controvertidos es la falta de recursos. Introducir proyectos de laboratorio en la industria significa utilizar tecnología eficiente y de vanguardia. Asimismo, uno de los obstáculos a considerar para la libre integración de la carne a base de microalgas es la originalidad de sabor, textura y color, ya que es casi completamente diferente al cerdo y al vacuno (en su

mayoría). Hoy en día, las microalgas hacen una contribución importante a la dieta debido a su contenido nutricional, y se espera que los resultados de laboratorio y a escala piloto sean la base para una mayor producción.

Referencias bibliográficas

1. Cebrián M. Uso de las Microalgas en la industria Alimentaria. 48160 Derio -Bizkaia. 2015: 7-20
2. Hernández A. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 17. 2019: 43-65
3. LATAM. Microalgas de nueva apariencia para crear productos más nutritivos. [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 24];3(3): 102–108. Available from: <https://www.lacteoslatam.com/productos/2-3-ingredientes-aditivos/4138-microalgas-de-nueva-apariencia-para-crear-productos-mas-nutritivos.html>
4. Lomelí M. Microalgas como fuente de biomasa para la producción de biogás. IPICYT. 2018: 22-33.
5. Lomelí M. Microalgas como fuente de biomasa para la producción de biogás. IPICYT. 2018: 22-33.
6. Thomas, E. El potencial de las microalgas en alimentación. Grupo biotecnología de algas. Universidad de Huelva Innovagro. [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 24]:1-4. Available from: <https://www.redinnovagro.in/pdfs/Microalgas.pdf>
7. NUTRIDAM (2021). Software tabla de composición de alimentos ecuatorianos nova 2017
8. García, J. L. Presente y futuro del cultivo de las microalgas para su uso como superalimento. Centro de Investigaciones Biológicas-CSIC e Instituto de Biología Integrativa de Sistemas-CSIC. 2018 1-37
9. Sánchez J. Técnicas de cultivo y métodos de extracción de ácidos grasos a base de microalgas en beneficio de la humanidad. *Agroindustrial Science*. 2020: 13-24
10. Rivera A. Las microalgas como fuente de nutrientes en vías de desarrollo. Universidad de Alicante, 200-2016. 2019: 1-5
11. Cornish, M. C. A role for dietary algae in the amelioration of certain risk factors associated with cardiovascular disease. *Phycologia*. 2015: 208 – 253
12. Iciar, A. L. Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria. España: Ediciones Díaz de Santos. 2019: 46 - 56
- Vílchez, C. El potencial de las microalgas como suplemento en dietas alimenticias, a debate en Córdoba. [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 24]: 5–8. Available from: <http://www.lavanguardia.com/local/sevilla/2017117/432948656494/el-potencial-de->

- las-microalgas-como-suplemento-en-dietas-alimenticias-a-debate-en-cordoba.html
13. FAO. Hace falta aumentar la eficiencia en los sistemas pecuarios. [Internet]. 2011 [cited 2021 Jun 24] 2–9. Available from:
 14. <http://www.fao.org/news/story/es/item/117075/icode/>
 15. FAO. Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Roma: FAO. 2013: 20-56
 16. Ibáñez, E. Las algas que comemos. Madrid: Los libros de la Catarata. 2017: 36-54
 17. Badui, S. Química de los alimentos. México: Pearson. 2016: 38-56
 18. Pomin, V. Seaweed: ecology, nutrient composition, and medicinal uses. Athens. EE.UU: Nova Science Publishers. 2019: 32 - 45
 19. FAO. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. [Internet]. 2009 [cited 2021 Jun 24]: 13–17. Available from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf
 20. Ángeles J., F. P. Microalgas: cultivo y aplicaciones. Coruña: universidad da coruña servicio de publicación. 2018: 37-41
 21. Carmona Reverte, V. J. Diseño y prototipado de extrusor para impresora 3D de alimentos. 2016: 199 - 214
 22. Cebrián M. Uso de las Microalgas en la industria Alimentaria. 48160 Derio - Bizkaia. 2015: 7-20
 23. Espinoza, F. Microalgas en la alimentación ¿Suplementos novedosos o reinventados? [Internet]. 2018 Jul [cited 2021 Jun 24]:1-3 Available from: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/MicroAlgas.pdf>
 24. FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. [Internet]. 2020 [cited 2021 Jun 24]:3-4. Available from: <http://www.fao.org/3/ab473s/AB473S02.htm>
 25. FAO. Un tercio más de bocas que alimentar. [Internet]. 2009 [cited 2021 Jun 24]:1–8. Available from: <http://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/>
 26. García S. Evaluación de las condiciones de proceso para la obtención de proteína unicelular de *Candida* útiles a partir de un subproducto de piña por fermentación en lote alimentado. 2018: 26-34
 27. Salazar M. La importancia de la ética en la investigación. Revista Universidad y Sociedad, 2018: 15.
 28. Universidad de Huelga Innovagro. El potencial de las Microalgas en Alimentación. [Internet]. 2020 [cited 2021 Jun 24]: 25–38. Available from: <http://www.redinnovagro.in/pdfs/Microalgas.pdf>