



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE  
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## *APLICACIÓN DE SPIRULINA EN EL DESARROLLO DE ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL*

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE  
LA SEGURIDAD Y CALIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO/A: KAREN ALEXANDRA GÓMEZ RENGIFO

TUTOR/A ACADEMICO: ANTONIO MARTÍNEZ LÓPEZ

COTUTOR/A:

DIRECTOR EXPERIMENTAL:

*Curso Académico: 2019-2020*

**VALENCIA, DICIEMBRE 2020**

## TITULO: APLICACIÓN DE *SPIRULINA* EN EL DESARROLLO DE ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL

Karen Alexandra Gómez Rengifo, Antonio Martínez López<sup>1</sup>

### RESUMEN

Este trabajo bibliográfico se realizó con el fin de explorar el uso de algas (*Spirulina*), para la alimentación humana y animal en base a conocimientos actuales y antecedentes generales, relacionados con la alimentación, y el remplazo de proteínas provenientes de otras fuentes como son la ganadería.

Como se está viendo en los últimos años las algas marinas están alcanzando relevancia y un gran valor en la industria, ya que de acuerdo a estudios de investigación llevados a cabo recientemente se ha visto que son productos que se pueden utilizar con el fin de prevenir ciertas enfermedades. Para la industria de alimentos existen diversos tipos de algas las cuales se pueden utilizar para el consumo humano o incluso para piensos de animales de granja. Es importante resaltar que, en la comercialización de los productos y derivados de algas marinas, es necesario visualizar como son los hábitos actuales en relación a temas nutricionales y la influencia del consumo de las algas en la industrialización.

De entre todas las algas comestibles, podemos decir que La *Spirulina* es una microalga que contiene un alto contenido proteico, es de fácil crecimiento con costos mínimos, permite al cuerpo humano cumplir con el requerimiento necesario para generar un mejor desarrollo motriz, además por lo que se considera un súper alimento Es por ello, que en la actualidad existe un interés especial por el uso de *Spirulina* con la finalidad de promover un nuevo consumo, y así una nueva alternativa de alimentación.

### RESUM

Aquest treball bibliogràfic es va realitzar amb la finalitat d'explorar l'ús d'algues (\**Spirulina*), per a l'alimentació humana i animal sobre la base de coneixements actuals i antecedents generals, relacionats amb l'alimentació, i el reemplaçament de proteïnes provinents d'altres fonts com són la ramaderia.

Com s'està veient en els últims anys les algues marines estan aconseguint rellevància i un gran valor en la indústria, ja que d'acord amb estudis d'investigació duts a terme recentment s'ha vist que són productes que es poden utilitzar amb la finalitat de previndre certes malalties. Per a la indústria d'aliments existeixen diversos tipus d'algues les quals es poden utilitzar per al

---

<sup>1</sup> Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC), Calle Catedrático Agustín Escardino Benlloch, 7, 46980 Paterna, Valencia.



consum humà o fins i tot per a pinsos d'animals de granja. És important ressaltar que, en la comercialització dels productes i derivats d'algues marines, és necessari visualitzar com són els hàbits actuals en relació a temes nutricionals i la influència del consum de les algues en la industrialització.

D'entre totes les algues comestibles, podem dir que La \**Spirulina* és una \*microalga que conté un alt contingut proteic, és de fàcil creixement amb costos mínims, permet al cos humà complir amb el requeriment necessari per a generar un millor desenvolupament motriu, a més pel que es considera un súper aliment. És per això, que en l'actualitat existeix un interès especial per l'ús de \**Spirulina* amb la finalitat de promoure un nou consum, i així una nova alternativa d'alimentació.

## ABSTRACT

This bibliographic work was carried out in order to explore the use of algae (*Spirulina*), for human and animal nutrition. This study was based on current knowledge and general antecedents, related to food, and the replacement of proteins from other sources such as cattle raising.

It has seen in recent years, seaweeds are reaching relevance and great value in the industry. Since according to research studies carried out recently, it has been seen that there are products that can be used in order to prevent certain diseases. For the food industry, there are various types of algae which can be used for human consumption, or even for farm animal feed. It is important to highlight that, in the commercialization of seaweed products, and its derivatives. It is necessary to visualize how current habits are in relation to nutritional issues and the influence of seaweed consumption in industrialization.

Among all the edible algae, we can say that *Spirulina* is microalgae that contains a high protein content. It is easy to grow with minimal costs; it allows the human body to meet the necessary requirement to generate a better motor development. This one of the reasons that it is considered a super food. That is why there is currently a special interest in the use of *Spirulina* in order to promote a new consumption, and thus a new alternative diet.

**PALABRAS CLAVE:** (*Spirulina*, algas, microalgas, proteína, alimentación humana, alimentación animal, piensos, nutrición)

**PARAULES CLAU:** (\**Spirulina*, algues, \*microalgas, proteïna, alimentació humana, alimentació animal, pinsos, nutrició).

**KEY WORDS:** (*Spirulina*, algae, microalgae, protein, human food, animal feed, feed, nutrition)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las proteínas se encuentran dentro de los nutrientes esenciales para el desarrollo de la vida humana, debido a que estas son el componente principal de células y tejidos y se utilizan en diversas funciones del organismo como es el crecimiento, desarrollo del cuerpo, mantenimiento de tejidos, suministro de energía entre otras actividades metabólicas. Las principales fuentes de proteína han sido los productos cárnicos procedentes de los animales de granja. Sin embargo, en los próximos años con el aumento de la población total se acentuará la necesidad y consumo de proteína lo que puede causar un gran impacto ambiental sobre el planeta.

Actualmente, se está trabajando sobre la identificación de fuentes alternativas de proteína como son los insectos o las algas y en el desarrollo de productos para alimentación humana y animal, reemplazando en un cierto porcentaje a las fuentes tradicionales de proteína como la soja, harina o aceite de pescado en el caso de los piensos o la carne en el caso de la alimentación humana.

A pesar de su potencial nutricional la proteína extraída de microalgas marinas no ha sido suficientemente investigada e implantada a nivel industrial a pesar de que se han identificado más de cincuenta mil especies de microalgas; la gran mayoría forman parte del fitoplancton y unas pocas son cultivadas por el hombre. Los diversos compuestos obtenidos a partir de las microalgas tienen un amplio espectro de actividad en los sistemas biológicos.

Aunque las microalgas se usaron en la antigüedad, su uso como nueva fuente de proteínas y componentes bioactivos es relativamente nuevo; su utilización va en aumento en el extenso campo de la alimentación que ha abierto la civilización industrial. El consumo tiende a aumentar significativamente, en todo el planeta, ante la crisis de alimentos.

Una de las microalgas sobre la que se ha puesto gran interés es la *Spirulina*, esta microalga se utiliza para alimentar moluscos, micro crustáceos (*Artemia sp.*) y como alimentos para peces, ya que contiene una serie de rasgos esenciales que ayudan a mantener una piel saludable y una coloración propia de estos animales.

En algunos países esta alga se utiliza para alimentar ciertos tipos de animales, como las aves ornamentales, gatos y perros. Además, también se utiliza para hidratar, refrescar y equilibrar la piel de los caballos, vacas y sementales.

La *Spirulina sp.* (*Arthrospira sp.*), es una cianobacteria filamentosa no diferenciada, habita lagos alcalinos. Actualmente se cultiva para consumo humano debido a su contenido nutricional. En ciertos países, el consumo de esta microalga se remonta a tiempos prehispánicos, cuando era conocida como tecuitlatl, o como dihé por las tribus nativas de la región del lago de Chad, en África. En los últimos años se le han atribuido diversos efectos positivos en el tratamiento de algunos tipos de alergias, anemia, cáncer, enfermedades virales y cardiovasculares. Muchas de sus propiedades se deben a la presencia de pigmentos como las ficobiliproteínas y los



carotenoides, así como de otros compuestos como polisacáridos, ácidos grasos (destacando el ácido goma linoleico), proteínas, vitaminas y minerales. Las propiedades y aplicaciones de este organismo hacen de él un alimento “promotor de la salud” o “nutracéutico”.

Los diversos compuestos obtenidos a partir de las microalgas tienen un amplio espectro de actividad en los sistemas biológicos.

Se han identificado más de cincuenta mil especies de microalgas. La gran mayoría forman parte del fitoplancton y unas pocas son cultivadas por el hombre.

Las primeras empresas dedicadas a la industrialización y comercialización de *Spirulina* aparecieron finales de la época de los 70. A partir de estas fechas y debido a su potencial nutricional la *Spirulina* se ha expandido por muchos lugares, contribuyendo así a la necesidad de abrir mercados fronterizos. El mayor componente de biomasa producida por las microalgas en general y la *Spirulina* en particular, se utiliza para la extracción de suplementos alimenticios para consumo humano; además de esto es un buen constituyente y es utilizada como manutención y suplemento especial para especies acuáticas de cultivo. En el año 2000 se estimó que la producción mundial de *Spirulina* fue de 2000 toneladas.

La *Spirulina*, conocida así por su forma espiral, que, a tenor por las investigaciones más recientes, genera múltiples beneficios para la salud humana, es una microalga verde azulado, considerada la proteína del futuro.

Cabe resaltar que la proteína procedente de la *Spirulina*, ha sido aceptada para el consumo de humanos y animales, ya que no causa ningún riesgo a la salud. El Comité de Expertos en Información de Suplementos Dietéticos de la Convención Farmacopea de los Estados Unidos, ha declarado la *Spirulina* como una fuente para consumo humano, ya que permite una diversificación en su riqueza nutricional.

La *Spirulina* podría ser un generador de ingresos a corto plazo, debido fundamentalmente al aumento de las microalgas como fuente de alimentación y sobre todo por los bajos costos que se generan al implementar proyectos de cultivo con esta microalga.

Considerando esta situación y observando que el mercado de productos con proteína procedente de *Spirulina* ha crecido a nivel mundial en los últimos años, gracias a la variedad de nutrientes y presentaciones que las grandes empresas han traído y desarrollado, surge la inquietud por conocer el uso de esta microalga dentro del consumo humano y de animales, y como este producto que ha demostrado una aceptación comercial, podría convertirse en una alternativa para fortalecer la ingesta de proteína de la población, utilizando materias primas alternativas.

El presente trabajo de investigación bibliográfica pretende hacer reflexionar sobre cómo podemos usar la *Spirulina* como base de proteína proveniente de las microalgas en alimentación tanto humana como animal. Es importante tener en cuenta que hoy en día la *Spirulina*, es poco conocida por parte del consumidor, así como sus bondades nutricionales.

## **2. PROBLEMÁTICA GENERAL A LA QUE LA HUMANIDAD SE VA A ENFRENTAR EN EL FUTURO SI SEGUIMOS PRODUCIENDO PROTEÍNA TAL COMO LA PRODUCIMOS.**

En 1950, la Organización de las Naciones Unidas estimaba que la población mundial era de 2.600 millones de personas, se alcanzaron los 6.000 millones en 1999 y 7.000 millones en 2011. Pronosticó que para el año 2050, la población será de alrededor de 9.700 millones de habitantes pudiendo llegar a un pico de cerca de 11.000 millones para 2100 (Naciones Unidas, 2015) lo que llevaría a un incremento en la producción de alimentos ricos en proteínas. Estudios realizados por la FAO en el año 2017 proyectan que la demanda de proteínas a nivel mundial aumentará en un 20% para el año 2020, mientras que para el año 2050 se espera un incremento en la demanda de un 70% (Speedy, 2004).

Desde hace miles de años, los países orientales y más recientemente en los occidentales, la soja se ha considerado la principal fuente de proteína vegetal para consumo humano y animal debido al aporte de energía, aminoácidos esenciales, presentar propiedades para reducir las concentraciones de colesterol sanguíneo y prevenir enfermedades del corazón por la presencia de isoflavonas (De luna, 2006).

La producción mundial de soja se ha incrementado en la última mitad del centenario presentando niveles sobre 100 millones de toneladas métricas por año (Corpoica, 2006) y 369 millones de toneladas en 2018/19, máxima cifra en su historia según USDA (Maluenda, 2018). La intensificación en la producción de granos por unidad de superficie y el incremento del área sembrada se han visto limitados debido al conflicto con otros ecosistemas, alteración de aquellos con alto grado de fragilidad, la necesidad de estrategias de manejo del cultivo con un uso eficiente de los recursos (radiación, agua, nutrientes) sin efectos adversos sobre el ambiente y el uso de genotipos más adaptados. Así mismo la incorporación de resistencia específica a insectos y tolerancia a herbicidas de alto espectro que permitan disminuir los efectos negativos ocasionadas por factores bióticos y abióticos sobre el rendimiento han sido factores importantes (Salvagiotti, 2009).

Teniendo en cuenta este panorama se han desarrollado varias técnicas de cultivo de algas, las cuales se destacan por ser fuente de proteínas vegetales extraordinarias ya que aportan todos los aminoácidos esenciales (Valdés y Soto, 2008) y resultan ideales para esta época, en la que los malos hábitos dietéticos, los alimentos procesados y el uso de sustancias químicas en la agricultura, desvirtúan el sentido de la nutrición y debilitan el organismo (Valdés y Soto, 2008).

## **3. LAS ALGAS**

Las algas se agrupan en un conjunto de organismos acuáticos de estructura unicelular y pluricelular; las últimas pueden ser microalgas y

macroalgas, mientras que las unicelulares son únicamente microalgas. Su hábitat es variado ya que se encuentran a diferentes profundidades y en aguas dulces, salubres y marinas y aunque existe una clasificación taxonómica, también se les puede ordenar por su color, dependiendo de la radiación lumínica recibida según la profundidad en que viven, a partir de la cual desarrollan su metabolismo y reflejan un determinado color. Teniendo en cuenta lo anterior, existen las algas verde-azules (cianobacterias), pardas, verdes y rojas (Metting, 1990).

Las algas son un recurso abundante, económico y atractivo para utilizar como ingrediente en alimentos. Aportan nutrientes y compuestos bioactivos, además de tener propiedades tecnológicas que hacen viable su incorporación en la cadena alimentaria. La concentración a utilizar debe ser correctamente controlada ya que la calidad sensorial no siempre se ve favorecida, por lo que es un interesante desafío su inclusión en alimentos como un ingrediente funcional.

Aproximadamente el 66% de las especies de algas conocidas se usan como alimento, siendo los países asiáticos los mayores consumidores utilizando diversas formas culinarias; en cambio en países occidentales se utilizan principalmente para la extracción de hidrocoloides como agar, carragenina y alginatos (Rajapakse y Kim, 2011).

Las algas contienen ácidos linoleico y  $\alpha$ -linoleico que protegen la piel y las mucosas de la actividad de los radicales libres actuando contra el envejecimiento, escaso contenido en calorías y grasas (Charzeddine y Fariñas, 2001). Estas disponen del peculiar ácido algínico que contribuye a la eliminación en el organismo de metales pesados como el arsénico, el plomo y el mercurio; siendo depurativas eliminando la grasa y las toxinas depositadas en la sangre (Blunden y Carabot, 1995) cómo se cita en (Valdés y Soto, 2008).

Poseen altas concentraciones de minerales como yodo, hierro, magnesio, calcio, fósforo, potasio, silicio y sodio, lo que las hace idóneas para remineralizar y fortalecer los huesos, las uñas, la piel y el cabello; además aportan zinc, elemento necesario para la correcta secreción y asimilación de la insulina. Contienen vitaminas A, B, C, D, E y K y en menor medida B12, que prácticamente está ausente en los vegetales terrestres, es fundamental en la síntesis del ADN, la formación de los glóbulos rojos y las células de las paredes del estómago (Freitas, 1990), cómo se cita en (Valdés y Soto, 2008).

En alimentación animal, en sectores como la avicultura y la acuicultura (piscicultura) se usan como suplemento alimenticio; en la piscicultura los organismos marinos se crían directamente con algas frescas (Charzeddine y Fariñas, 2001) y en la industria ganadera, las algas se utilizan como forraje para la alimentación. En Europa, las algas pardas se usan con esta finalidad. En cuanto a la dieta animal, se debe controlar la adición de yodo, debido a que exceso es perjudicial, además de esto, debe tenerse en cuenta que el alto contenido mineral de potasio, sodio y cloro, generan trastornos digestivos en los animales, sin embargo, el agregado de algas es beneficioso para la calidad

de la leche y la cantidad de esperma, probablemente por el alto contenido de vitamina E (Canales, 1997) cómo se cita en (Valdés y Soto, 2008).

Desde la antigüedad se han usado microalgas, sin embargo, su uso como fuentes de nutrición es relativamente nuevo, no obstante, su incorporación en la industria de alimentos se ha incrementado significativamente con el paso del tiempo ante la crisis de alimentos (Pitchford, 2004) como se cita en (Shamosh y Sánchez, 2009).

### 3.1 La Alga *Spirulina*



Figura 1: Alga *Spirulina*  
Fuente: Ozono21(2009)

Se reconoce como *Spirulina* a la denominación más común en el ámbito comercial no obstante se han identificado más de cincuenta mil especies de microalgas. “La gran mayoría forman parte del fitoplancton y unas pocas se cultivan por el hombre. La *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) es una cianobacteria que pertenece al *phylum* Cianobacteria y que en la naturaleza habita en lagos alcalinos de zonas tropicales. La forma de espiral de sus tricomas le dio su nombre vulgar, se considera como un tricoma helicoidal de forma cilíndrica e inmóvil, cuya reproducción se realiza por ruptura intracelular. El alto contenido de proteína, vitaminas, minerales, y compuestos especiales de la *Spirulina* ha motivado su producción comercial” (Barra Galárraga, 2010) citado en (Villalba 2018).

Las propiedades y aplicaciones de este organismo hacen de él un alimento “promotor de la salud” o “nutracéutico”.

Las cianobacterias *Arthrospira máxima* o *Spirulina maxima*, mide unas 500 micras, de diámetro, y su color se debe a la presencia de ficocianina y de clorofila, por lo que se considera un vegetal carente de celulosa (Pedraza, 1989). La mayoría de las especies del género *Arthrospira* se han encontrado habitando sitios de agua alcalinos, donde crecen de forma masiva; sin embargo, algunas se encuentran presentes en sitios de agua dulce como ríos, manantiales y estanques, y aunque no hay reportes para el ambiente marino, con un adecuado suplemento de HCO<sub>3</sub>, Na y K en conjunto con pH y salinidad

adecuados, las especies de *Arthrospira* pueden ser altamente productivas en agua de mar (Vonshak y Tomaselli, 2000).

Se catalogan como el alimento universal, el 70% de su peso es proteína y el restante es fibra y otros oligoelementos. Desde hace un par de décadas se producen a nivel industrial en ambientes tipo estanques abiertos y en sistemas cerrados de biorreactores para el aprovechamiento de la luz solar (Colorado y Moreno, 2017). El valor nutricional de la *Spirulina* como suplemento alimentario, principalmente para el ser humano, es ampliamente conocido en el mundo. También se ha suministrado como suplemento proteico en la alimentación de diversas especies de animales (Vitón y Macías, 2016).

La *Spirulina* se considera como uno de los alimentos más sorprendentes de la actualidad (Adams, 2005) debido a diversos estudios que demuestran científicamente su seguridad como alimento para consumo humano y animal (Chamorro, Barrón, Vázquez, 2008).

### 3.1.1 HISTORIA

Los conquistadores españoles a su paso por México iban imponiendo su arrogancia y su fuerza sobre cualquiera, dejando detrás todo el apólogo del pueblo mexicano, llevándose con sí muchas de sus tradiciones y costumbres. Los relatos de las primeras exploraciones europeas a México describen ciertas costumbres aztecas que había antes de la conquista. Los aztecas la llamaban Tecuiltatl, que significa “desperdicio de granito”, López de Gomara, un cronista de la conquista española, explica que los campesinos “ (comen) ciertas cosas del suelo o de las lagunas; pues con sus báculos estos extraen algo así como trozos molidos que son recogidos de las orillas de las lagunas de México, donde luego esta se cuaja, teniendo en cuenta que esta ni es hierba, ni tierra, es algo así como una maleza. Luego las extraían; y hacían como tortas parecidas a ladrillos, y no solo las vendían, sino que también eran llevadas a otros pueblos mucho más distantes. Se dice que es gracias a este producto que bajan tantas aves a los lagos durante el invierno”. (Paniagua, Dujardin y Sironval, 1993).

### 3.1.2 GENERALIDADES

Normalmente la *Spirulina* tiene un número de espiras que va entre 5 y 9, su crecimiento está estipulado con una longitud de 200 a 300 micras y el calibre de las células está entre 1 a 33 micras en las especies pequeñas y de 3 a 12 micras en las grandes. Esta cianobacteria crece en condiciones alcalinas con un pH que oscila entre 8.5 y 10.5 y a temperatura media de 25 a 35°C. Puede resistir a temperaturas bajas hasta de 18°C. (Pedraza, 1989).

La *Spirulina* se divide en dos cada 7 horas, y en condiciones ideales puede generar hasta 15000 kg/ha anuales de material seco, pero con la aplicación de tecnología apropiada los rendimientos pueden mejorar (Ponce, 2013).

El valor de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.) radica precisamente en la gran variedad de macronutrientes y micronutrientes que contiene, algunos de los

cuales no se pueden sintetizar por el organismo humano, así como por algunas de sus propiedades, tales como incrementar los niveles de energía, reducir el estrés premenstrual, incrementar el rendimiento de atletas, mejorar el apetito y ofrecer protección antioxidante (Ramírez-Moreno y Olvera-Ramírez, 2006). Se consume por atletas de nivel olímpico y es el alimento de los astronautas. Sesenta gramos bastan para alimentar a una persona por día, con 10 gramos diarios se puede sobrevivir. (Ponce, 2013)., por lo que se le considera un superalimento

Como producto de los análisis que se han hecho sobre la composición bioquímica de *Arthrospira*, se ha determinado que contiene proteínas, vitaminas, ácidos grasos, minerales, carbohidratos, ácidos nucleicos y pigmentos. El alto contenido de proteínas de *Spirulina sp.* Hace de ésta un alimento altamente nutritivo, además de que contiene aminoácidos esenciales y su amino grama es muy similar al de la yema de huevo, que es considerado la amino grama tipo por la FAO (Mondragón, 1984) como se cita en (Ramírez-Moreno & Olvera-Ramírez, 2006). A lo anterior se puede agregar que las proteínas presentes en esta cianobacteria son de fácil digestión y metabolización, ayudando con esto al tratamiento de la desnutrición (Ramírez-Moreno & Olvera-Ramírez, 2006).

### 3.1.3 COMPOSICIÓN QUIMICA

La *Spirulina* está catalogada como el alimento natural de mayor contenido proteico (60-75% de la materia seca). Contiene todos los aminoácidos esenciales y de diez a doce aminoácidos no esenciales. La mayor proporción de aminoácidos esenciales corresponde a la leucina, arginina y valina y la isoleucina, 8.7, 6.5 y 5.6%, respectivamente. Sin embargo, su contenido en metionina es bajo, 2.3%. Entre los aminoácidos no esenciales se destacan el ácido glutámico, 14.6% y el ácido aspártico, 9.8%. Las proporciones en que aparecen los aminoácidos en la *Spirulina* se asemejan considerablemente a los requerimientos nutricionales para humanos, establecidos por la FAO (Burgess y Glasauer, 2006). Dadas las características muy particulares de su pared celular debido a que no contiene celulosa, ya que está compuesta por mucopolisacáridos blandos, sus proteínas son fácilmente digeridas y asimiladas por los animales, llegando a valores de digestibilidad que están en el orden del 88-92%. Completan su composición en nutrientes, considerables dosis de vitamina E, A, B1, B2, B3, B6 y B12, ácido fólico, biotina, inositol, ácido pantoténico y beta caroteno. Por otra parte, minerales tales como calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio, zinc, cobre, manganeso y germanio, aparecen en su composición en concentraciones apreciables. El hierro, como mineral esencial tiene una biodisponibilidad del 60% mayor que cualquier otra forma de suministrar esta sustancia al organismo animal (Strembel y Strembel 2007) como se cita en (Vitón y Macías, 2016). En idénticas superficies, la espirulina, es capaz de producir 20 veces más proteínas que las que pueden obtenerse mediante el cultivo de soya o maíz, y 200 veces más de las que se logran con la ganadería bovina. La biodisponibilidad de la proteína, 90-95% puede

contrastarse con valores de un 17% de la carne bovina, 40% de la soya, 45% de la levadura de cerveza ó 35% de la leche en polvo, todos con tenores proteicos sensiblemente inferiores (Strembel y Strembel 2004), como se cita en (Vitón y Macías, 2016).

#### 3.1.4 TAXONOMÍA

Es importante repetir que los géneros *Arthrospira* y *Spirulina* estuvieron unidos a un solo género llamado *Spirulina*, en el que se describían a las especies que formaban tricomas helicoidales o en forma de espiral. En 1927 se comenzó una discusión sobre el porqué estaban unidas y cuáles eran las diferencias entre ellas, a donde muchos científicos mencionaban que estas eran muy similares y todas eran espiraladas, sin embargo, algunos si observaron diferencias entre cada una de ellas, como la presencia del ácido  $\gamma$ -linoleico en el género *Arthrospira* y no en la *Spirulina* (Crow WB, 1927).

Es importante resaltar que se nombró como *Spirulina platensis* y *Spirulina máxima* a las especies más conocidas. Cuando se realizó el cambio al de *Arthrospira*, se hizo de una manera diferente donde se nombró *Arthrospira platensis*, *Arthrospira maxima*, al igual que *Arthrospira fusiformis* dentro de las más usadas, también es notable recalcar que una vez separados los géneros *Arthrospira* y *Spirulina*, se dejó en el género *Spirulina* a las especies no especificadas dentro de este género, por ello la *Spirulina* pertenece a la especie bacilos, al dominio de las Cyanobacteria, a la variedad Cyanophyceae, a la subclase Oscillatoriophycideae, al tipo de las Chroococcales, a la familia Spirulinaceae y al género *Spirulina*. (Bohórquez; 2017). La *Arthrospira* pertenece a la especie bacilo, al subdominio Gracilicutes, al dominio Cyanobacteria, al tipo Cyanophyceae, a la subclase Oscillatoriophycideae, a la distribución Oscillatoriales, a la familia Phormidiaceae, a la subfamilia Phormidioideae y a al género *Arthrospira*. La *Arthrospira* tiene más de 50 especies siendo la *platensis*, *maxima* y *fusiformis*, las más usadas en los diferentes estudios. (WoRMS; Gomont 1982).

#### 3.1.5 PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS

Una propiedad de la *Spirulina* que actualmente está bajo investigación es su capacidad como antimicrobiano natural. La *Spirulina* excreta cantidades variables de productos de su metabolismo como los ácidos orgánicos, vitaminas y fitohormonas. El extracto celular de la *Spirulina* muestra una gran actividad antimicrobiana frente a bacterias patógenas y alteradoras como el *Bacillus* sps, el *Streptococcus* sps, el *Saccharomyces* sp. (S. V. Pamulapati; 2013).

### 3.1.6 IMPORTANCIA DE LA *SPIRULINA* EN EL CONTEXTO ACTUAL

Es importante conocer el valor que tiene la *Spirulina sp.* (*Arthrospira sp.*) y como está compuesta por una gran categoría de macronutrientes y micronutrientes.

Uno de los principales desarrollos industriales es como suplemento alimenticio dentro de la nutrición, ya sea en polvo, encapsulado, en tabletas, como almidón (en diferentes sabores), en pastas para sopa, salsas, barras de granola, golosinas o bebidas instantáneas de frutas o vegetales (Sasson, 1997; Laboratorios Almar, 2004, citado en Ramírez-Moreno & Olvera-Ramírez, 2006; Henrikson, 2005).

En los países subdesarrollados, la desnutrición representa una gran dificultad, por lo que la adquisición de fuentes alternativas de alimento es de sumo interés. La *Spirulina* representa una de esas alternativas para eliminar la desnutrición en el mundo, ya que ella cumple con cada uno de los requerimientos necesarios que permiten mejorar el funcionamiento del organismo, además no se requiere de grandes esfuerzos para su cosecha, ni genera toxicidad, declarándola como un producto inocuo y apto para consumo humano y animal (Chamorro & Salazar 1995., Chamorro et al., 1996) (Laboratorios Almar, 2004) citado en (Ramírez-Moreno & Olvera-Ramírez, 2006). Actualmente se le emplea cada vez más como pigmento natural, vitaminas y ácidos grasos, además se ha incorporado como aditivo en fórmulas farmacéuticas y alimentos (Robledo, 1997).

En acuicultura se utiliza como alimentación para moluscos, micro crustáceos (*Artemia sp.*) y sobre todo para peces, ya que ayuda a nutrir su piel y la mantiene sana, además intensifica la coloración de la misma, asimismo permite que se eleven las tasas de crecimiento, supervivencia y fertilidad.

En algunos países se utiliza como avituallamiento para aves de corral, para gatos y perros, especialmente para las hembras con crías, y como un tónico para caballos, vacas y sementales (Henrikson, 2005). Después de esto, en los últimos tiempos se han realizado distintos estudios acerca de la utilidad que genera la *Spirulina* y las consecuencias que esta tiene sobre algunos roedores y en el ser humano. (Belay, 2002).

En estudios realizados se ha logrado conocer los efectos favorables en el tratamiento de algunas variedades de alergias, anemia y leucemia (Liu et al., 2000), además se ha utilizado en ciertos tipos de cáncer, en la reducción de hepatotoxicidad, en enfermedades virales, cardiovasculares, diabetes, obesidad, inmunodeficiencia y procesos inflamatorios, entre otros (Chamorro et al., 2002). Por todo esto se considera como una alternativa que proporciona beneficios fisiológicos ya que actúa de una manera eficaz y natural (Alvídrez-Morales et al., 2002; Olvera. et. al (2006). Varias de las propiedades anteriormente mencionadas se deben a algunos de los constituyentes de *Spirulina*, entre los que destacan los ácidos grasos poliinsaturados  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, el  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -tocoferol, ficocianina, compuestos fenólicos y un complejo

separado últimamente, el Ca-Spirulan (Ca-SP) que tiene capacidad antiviral (Chamorro et al., 2002).

A partir de resultados obtenidos en estudios realizados en África por Simporte, Kabore, Zongo, (2006) se ha visto que las dietas con *Spirulina* y otros cereales pueden corregir la pérdida de peso en un plazo más corto de tiempo comparado con otros alimentos. La *Spirulina* favorece la rehabilitación nutricional de forma más efectiva que la simple adición de proteínas y energía en la dieta de los niños.

Por otro lado, en los últimos años se han hecho diferentes estudios acerca de los efectos que *Spirulina* tiene sobre algunos roedores de laboratorio y en el ser humano. Algunos de estos efectos son la inmuno-regulación, efectos antioxidantes, anticancerígenos, antivirales, antitóxicos y contra la hiperlipidemia y la hiperglicemia (Belay, 2002). Se ha comprobado a nivel experimental, *in vivo* e *in vitro*, su efectividad en el tratamiento de algunos tipos de alergias, anemia y leucemia (Liu et al., 2000), en otros tipos de cáncer, en reducción de hepatotoxicidad, en enfermedades virales y cardiovasculares, diabetes, obesidad, inmunodeficiencia y procesos inflamatorios, entre otros (Chamorro et al., 2002). Actualmente, la alta variabilidad de los parámetros químicos del cultivo de *Spirulina* como el pH, y la concentración de los compuestos químicos, además de la necesidad de un control adecuado de la temperatura han ocasionado la disminución de la vida productiva del cultivo, incrementando costos de producción y una baja rentabilidad de las productoras (Ariawan y Makalew, 2018).

Debido a esto, se han desarrollado metodologías para mejorar el proceso en un periodo corto de tiempo, reducir los costos de producción y aumentar la productividad del proceso a partir de la optimización de recursos y materias primas (Freire et al., 2020).

### 3.1.7 USOS DE LA SPIRULINA

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

La organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) mediante el Instituto Intergubernamental el cual ha estipulado el Uso de las Microalgas *Spirulina* para atacar la desnutrición, recomiendan el empleo de microalgas como la *Spirulina* en situación de desnutrición aguda presentadas en ciertas emergencias humanitarias. De esta manera las Naciones Unidas avalan, apoyan y recomiendan la utilización

de la *Arthrospira* para mejorar la estructura nutricional del organismo, convirtiéndose en uno de los pocos productos alimenticios en ser reconocido completamente y propuesto como una posible solución definitiva a los problemas de desnutrición a nivel mundial (ONU, 2008). Sera Blanco y García Díaz (2017) resaltan las propiedades de la *Arthrospira* para la nutrición y la salud humana, por su alto porcentaje de proteína y valor biológico. La *A. platensis* se ha comercializado y consumido como alimento humano y ha sido aprobado como alimento para el consumo humano por muchos gobiernos, agencias de salud y asociaciones de estos países: Argentina, Australia, Austria, Bahrein, Bahamas, Bangladesh, Bielorrusia, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Canadá, Chad, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Croacia, República Checa, Dinamarca, Ecuador, Egipto, Etiopía, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Guam, Estados del Golfo, Haití, Hungría, India, entre otros.

Gracias a las características nutricionales de *A. platensis*, varias organizaciones están desarrollando programas para abordar la desnutrición en países en desarrollo. Además de considerarse como un superalimento para combatir virus, prevenir el envejecimiento e incluso prevenir el cáncer. (Matondo et al., 2016; Gallardo-Rodríguez et al., 2012) citado por (Soni et al., 2017).

A nivel mundial se ha generado una evolución con las algas marinas ya que muchas personas han querido fomentar el uso de esta alga como un nutriente adicional a la ingesta diaria, todo esto generado por las recomendaciones de las Naciones Unidas (O.N.U.) y la organización mundial de la salud.

### 3.1.8 PRODUCCIÓN DE *SPIRULINA*

Según datos presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura de la elaboración de productos a base de *Spirulina* ha evolucionado. Por lo que se recomienda que debido al crecimiento dentro de las organizaciones y la forma como se incentiva el consumo de productos a partir de la *Spirulina* y sus beneficios, se hace necesario una mayor atención a nivel mundial. (Gómez y García, 2013) citado en (Mendoza, 2017). Es importante resaltar cada uno de los antecedentes presentados por la FAO, los logros que se obtienen dentro de las piscícolas de algas y como estas han ascendido a 68400 toneladas en 2008, y prácticamente toda la consecución consistió en *Spirulina* originario de china con (62300 toneladas) y Chile con (6000 toneladas).

### 3.1.9 DISTRIBUCIÓN

La *Spirulina* (*Arthrospira sp*) se distribuye de una forma muy particular en numerosos lugares, sobre todo en las poblaciones que cuentan con lagos o lagunas a su alrededor como es el caso de África, principalmente en Kenia, Etiopía, Egipto, Sudán, Argelia, Congo, Zaire y Zambia. Además, también se desarrolla en lugares como Asia tropical y subtropical (India, Myanmar,

Pakistán, Sri Lanka, chinarro, Tailandia y Rusia), en América (Perú, Uruguay, California) y en Europa (España, Francia, Hungría y Azerbaijón), la *Spirulina* se desarrolla en el lago de México y las lagunas de Kanem y Chad, (Vonshak y Tomaselli, 1996). La *Spirulina platensis* también se ha encontrado en el Perú, en el lago Huacachina, en Ica, el lago Orovilca, y en algunas lagunas sobre la orilla del mar debido a la contaminación ambiental. (Mendoza,K(2017).

### 3.1.10 EFECTOS BENEFICIOSOS DE LA SPIRULINA EN LA ALIMENTACION HUMANA Y ANIMAL

Es importante resaltar que la *Spirulina* es una fuente primaria que se ha posicionado a nivel mundial por su gran cobertura en la producción de alimentos y por sus reconocidos e inmejorables propiedades para la salud y la alimentación.

La *Spirulina* se ha fortalecido como un suplemento complementario en la cría de peces, camarones y alevines que van en constante crecimiento, además se ha utilizado en mayores proporciones como un aditivo proteico y vitaminado en concentrados para especies acuícolas. Se ha observado un elevado crecimiento en el pez *Paralichthys olivaceus* (*hirame*) cuando se utilizó la *Spirulina* en polvo como aditivo en su alimentación. Lo más sorprendente a la hora de utilizar este suplemento alimentario fue la disminución del grado de colesterol y la forma como esta mejora la asimilación de los lípidos de los peces, (Sirakov & Velichkova, 2012).

Las proteínas generadas de las microalgas se consideran como la nutrición ideal del mañana, estas proteínas contienen un valor nutricional muy amplio, lo que las convierte en fuentes principales de suplementos dentro la nutrición humana y animal. (Strohmeyer, 2011), estas proteínas han generado importantes resultados en diversas especies zootecnistas. (Hardy, 2006). Los principales beneficios de la incorporación de *Spirulina* sp., en peces son: ampliación en el canon de evolución, resarcimiento en la casta y coloración de la carne, además aumenta la supervivencia (Lara et al, 2005). Se ha reportado que la *Spirulina* sp hace más efectiva la digestión de los alimentos y desintegra los alimentos poco digeribles generando así que las bacterias dañinas sean desplazadas (Lara et al, 2005). Así mismo, la *Spirulina* sp., estimula la elaboración de enzimas que se transportan a las grasas, evitando que estas generen tejidos adiposos. (Ahmadzade et al., 2011).

En la mayoría de suplementos empleados en los cultivos de salmones se incluye a la harina de pescado mezclada con micro algas, con el fin de reducir los costos de alimentación. (Carter & Hauler, 2000). Dado que la *Spirulina* no tiene celulosa, sus células tienen un mu copolímero conocido como mureína lo que le permite que se digiera naturalmente por las enzimas digestivas secretadas por los peces (Beresto, 2001).

#### 4. REGULACION DEL USO DE *SPIRULINA*

La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), sugiere a diversos países valorar la producción de *Spirulina* a gran escala dentro de un mismo lugar, con el fin de que se pueda diversificar su fabricación y de manera unánime ganar una alimentación con altos estándares en proteínas, vitaminas, minerales. La *Spirulina* no solo cuenta con la aprobación de la FAO, si no también es garantizada por la FDA desde el año 1981, este a su vez autorizó la utilización de *Spirulina* como suplemento nutricional para el organismo tanto humano como animal, esta autorización fue dada al observarse el alto contenido de nutrientes que posee la *Spirulina*.

La (FDA) de los EE.UU. ha categorizado muchos productos de *Arthrospira* en polvo y los ha reconocido como productos actos para el consumo humano, estipulando dosis a la hora de ser digerida, estas dosis están en un margen de confianza de 30g diarios.

El empleo de las algas y microalgas en el sector alimentario en la Unión Europea está directamente ligado a la regulación sobre nuevos alimentos. Es decir, se basa en el Reglamento 258/1997, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 1997, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.

De acuerdo con lo establecido en la regulación de la UE se puede encontrar algunas algas y microalgas para las que ha aprobado su uso en el sector alimentario, algunos ejemplos son:

- ULKENIA SP., Decisión de la Comisión 777/2009 de 21 de octubre de 2009 relativa a la extensión de los usos del aceite de alga de la microalga *Ulkenia sp.* como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- SCHIZOCHYTRIUM SP., Decisión de la Comisión 778/2009 relativa a la extensión de los usos del aceite de alga de la microalga *Schizochytrium sp.* como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- TETRASEMILIS CHUII, de acuerdo con el artículo 4.2. del Reglamento 258/1997, tal como podemos ver en Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a una solicitud de evaluación inicial para la comercialización de un liofilizado de la microalga marina.

El Reglamento (CE) Nº 420/2011 establece límites máximos permitidos de cadmio y plomo de 0,05\* y 0,1 mg/kg de peso fresco, respectivamente, en hortalizas\* (UE, 2011). Los criterios respecto al contenido máximo de arsénico, mercurio y estaño en materia seca establecidos en Francia para algas son de 3, 0,1 y 5 mg/kg, respectivamente (CEVA, 2012).

Basado en lo anterior, la comercialización de productos que contengan espirulina como complemento alimenticio deberán cumplir con los requisitos enmarcados en el nuevo reglamento (UE) 2015/2283 de alimentos nuevos que deben ser evaluados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, AECOSAN siguiendo como ejemplo los procesos realizados con microalgas como *Tetraselmis chuii*, *Chlorella* y *Odontella aurita*.

El estatus legal de esta cianobacteria en EEUU es la de GRAS (Generally Recognized As Safe; Talk Paper, 6/23/82), una designación concedida por la FDA (Food and Drugs Administration), organismo que regula y supervisa la seguridad en alimentos y medicamentos en este país (Tabla I) El consumo de la biomasa se considera seguro y se puede comercializar siempre que el producto esté correctamente etiquetado y el origen de la biomasa sea claro (Valido et al., 2018).

**TABLA I. PRODUCTOS DE *Arthrospira* CON CALIFICACIÓN GRAS (FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION, FDA).**

Producto	Dossier	Aplicaciones	Compañía
Biomasa deshidratada	GRAS 127	Ingrediente para cereales de desayuno, bebidas nutricionales, condimento para ensaladas y pasta. Dosis solicitada: 0.5-3 g/día	Cyanotech Corporation y Earthrise Nutritionals, Inc
Biomasa deshidratada de <i>A. platensis</i>	GRAS 417	Ingrediente para cereales de desayuno, barras energéticas, bebidas nutritivas, ensaladas y pasta. Dosis autorizada: 0,5-3 g/ración	Parry Nutraceuticals
Extracto acuoso rico en C-ficocianina procedente de <i>A. máxima</i> o <i>A. platensis</i>	GRAS 424	Ingredientes en cualquier alimento excepto en formulas infantiles. La dosis está limitada a 1140 mg ficocianina/día que es equivalente a consumir 5700 mg de <i>Arthrospira</i> con un 20% ficocianina/día.	Desert Lake
Biomasa deshidrata de <i>A. plantensis</i>	GRAS 394	Equivalencia GRAS 000417	RFI, Inc.

En Europa existe un creciente interés por el uso de las microalgas (incluyendo las cianobacterias) en alimentación. *Arthrospira* se considera un producto de alimentación con tradición de consumo y se incluye en el catálogo de alimentos de la UE reconocidos como Novel Food (EU 2015/2283). Esto no implica que las legislaciones específicas de los Estados miembros puedan restringir su comercialización en sus propios territorios (Enzing et al. 2014). La

FSA (Food Standard Agency), en un informe sobre el mercado de los complementos alimenticios, clasifica a *Arthrospira* dentro del grupo “miscelánea de sustancias bioactivas” junto al licopeno, la luteína y las isoflavonas de soja (Valido et al. 2018).

## 5. SEGURIDAD ALIMENTARIA

Para garantizar la seguridad alimentaria de nuevos productos de alimento se aplica el nuevo Reglamento (UE) 2015/2283 vigente desde el 1 de enero de 2018, derogando y reemplazando el Reglamento (CE) N° 258/97 y el Reglamento (CE) N° 1852/2001, que estaban en vigor hasta el 31 de diciembre de 2017. El nuevo Reglamento mejora las condiciones para que las empresas alimentarias puedan llevar fácilmente alimentos nuevos e innovadores al mercado de la UE, manteniendo al mismo tiempo un alto nivel de seguridad alimentaria para los consumidores europeos (AECOSAN, 2020).

## 6. CONCLUSIONES

- Podemos concluir en cuanto al uso de *Spirulina* para consumo humano y animal, que esta es una micro alga que contiene altos indicadores de metabolismo de lípidos y carbohidratos en el manejo de alteraciones metabólicas que podrían estar presentes como comorbilidades en quienes padecen obesidad o problemas que generen sobrepeso. Cabe resaltar que hay que tener en cuenta que el aprovechamiento de microalgas ha generado un amplio mercado, ya que este producto es de fácil cultivo, y además genera un mínimo costo a la hora de su producción.
- Se puede concluir que, de acuerdo a estudios microbiológicos realizados, la proteína generada por las cianobacterias es apta para el consumo humano y que no cuenta con ningún riesgo de seguridad alimentaria.
- La *Spirulina* produce proteína con un amplio aspecto a nivel de salud, logrando así que se venda en tiendas de alimentos para la salud y otros muchos puntos de venta del mercado de masas en todo el mundo.
- Para las organizaciones de seguridad alimentaria la proteína extraída de las microalgas, es un producto que se puede consumir sin ningún problema, ya que no genera daños al cuerpo humano.
- Por último, podemos decir que las microalgas es un negocio que a nivel mundial generaría grandes ganancias tanto en el uso de la *Spirulina* para el ser humano como para animales, ya que su inversión es mínima y sus propiedades nutricionales son elevadas, estas logran suplir en el cuerpo los nutrientes requeridos que no han sido absorbidos de otros alimentos.



## 7. REFERENCIAS.

- AECOSAN. 2020. Seguridad alimentaria: Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos. En línea: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/futuro\\_reglamento\\_nuevos\\_alimentos.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/futuro_reglamento_nuevos_alimentos.htm) , consulta: Noviembre de 2020
- Ahmadzade, Y., Nazer, K., Ghaemmaghami, S., Hejazi, M., Hassanpour, S., Chaichisemsari, M., & Riyazi, S. 2011. Effect of replacing different levels of Soybean meal with *Spirulina* on performance in Rainbow Trout. *Annals of Biological Research*. Vol 2 (3) pp 374-379. [en línea]. Dirección: <https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/effect-of-replacing-different-levels-of-soybean-meal-with-spirulina-on-performance-in-rainbow-trout.pdf>
- Alvídrez-Morales A, González-Martínez BE, Jiménez-Salas Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. [en línea]. Dirección: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=23198>
- Ariawan, E & Makalew, A. 2018. "Smart Micro Farm: Sustainable Algae *Spirulina* Growth Monitoring System" in 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Bali, pp. 1-4.
- Barra Galárraga, R. F., 2010. Diseño de un fotobioreactor industrial - 63 - para cultivo de *Spirulina (Arthrospira platensis)*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica Litoral-Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.
- Belay, A. 2002. The Potential Application of *Spirulina (Arthrospira)* as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management. *JANA* 5: 27-48. [en línea]. Dirección: [https://www.researchgate.net/publication/236095734\\_Nutritional\\_and\\_Medical\\_Applications\\_of\\_Spirulina\\_Microalgae](https://www.researchgate.net/publication/236095734_Nutritional_and_Medical_Applications_of_Spirulina_Microalgae)[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037818442006000900008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006000900008)
- Beresto, V. 2001. Our experience in *Spirulina* feeding to minks in the reproduction periods. En: *Scientifur*. (2001), (25) pp 11-15. [en línea]. Dirección: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DK2002001048>
- Bohórquez. S 2017. Efecto de la Espirulina en el manejo de las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad. Revisión sistemática. [en línea]. Dirección: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2711/1/2017\\_Bohorquez\\_Efecto-de-la-espirulina.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2711/1/2017_Bohorquez_Efecto-de-la-espirulina.pdf)
- Burgess, A. & Glasauer, P. 2006. Guía de nutrición de la familia. Anexo I: Nutrientes en los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO). Roma. [en línea]. Dirección: <http://www.fao.org/3/y5740s/y5740s00.htm>
- Campano, K. y Dávila, V. (2002). "Evaluación de la Calidad Proteica de (*Spirulina Platensis*) en la recuperación nutricional de Ratas Albinas sometidas a desnutrición Experimental". Tesis para optar el Título Profesional de Lic. de Ciencias de la Nutrición. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.
- Carter, C., & Hauler, R. 2000. Fish meal replacements by plants meal in extruded feeds for atlantic salmon. En: *Aquacultura*. (2000) (260) pp 299-311. [en línea]. Dirección: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1223&context=zootecnia>
- Ceballos, B., & Hernández, A. 2006. Substitution of chaetoceros muelleri by *Spirulina plantesis* meal in diets for *litopenaeus schmitti* larvae. En: *Aquaculture*. (2006) (260) pp 215-220
- CEVA (2012). Centre d'Etude et de Valorisation des Algues. Reglementation algues alimentaires. Disponible en: <http://www.ceva.fr/index.php/eng/INFORMATION/ALGUESALIMENTAIRES/Documents-Syntheses/France-Syntheseau-18-09-2012>
- Chamorro G, Salazar M, Favila L, Bourges H. 1996. Farmacología y toxicología del alga *Spirulina*. Resumen. *Rev. Invest. Clin.* 48:399. [en línea]. Dirección: <https://www.algaespirulina.mx/pub/uploads/PDF%20ESPIRULINA/9.pdf>
- Chamorro G, Salazar M, Gomes de Lima-Araujo K, Pereira dos Santos C, Ceballos G, Fabila-Castillo L. 2002. Actualización en la farmacología de *Spirulina (Arthrospira)*, un alimento no convencional. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 52: 232-240. [en línea]. Dirección: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222002000300002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300002)



- Chamorro G, Salazar-Jacobo M (1995) Toxicología de la Spirulina. Tecnología de alimentos 30: 13-14.
- Chamorro, G; Barrón, B; Vázquez, J. 2008. Toxicology Studies and Antitoxic Properties of *Spirulina*. [en línea]. Dirección: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Vz7SpjEsE3lC&oi=fnd&pg=PA27&dq=Toxicology+Studies+and+Antitoxic+Properties+of+Spirulina.&ots=O1WMSyRwzh&sig=mLotmE1ISICStoszWfY-SkxRT5l#v=onepage&q=Toxicology%20Studies%20and%20Antitoxic%20Properties%20of%20Spirulina.&f=false>
- Charzeddine, L.; M. Fariñas. 2001. Propiedades bioactivas de algas marinas del nororiente de Venezuela. Boletín oceanográfico, Cumaná, Venezuela. Vol. 40, págs. 49-54.
- Colorado, M., y Moreno D. 2017. Economía de recursos naturales a partir de la producción de *Spirulina (Arthrospira maxima)* en fotobiorreactores, La Guajira, Colombia. Revista RETO, 5(5) pp 50-59.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 2006. Soya (*Glycine max* (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquia colombiana. Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Soya. Villavicencio, Meta.
- Crow WB. The Generic Characters of *Arthrospira* and *Spirulina*. Trans Am Microsc Soc. 1927;46(2):139-48. [en línea]. Dirección: <https://www.jstor.org/stable/3221656?origin=crossref&seq=1>
- De Luna, A. 2006. Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Universidad Autónoma de Aguascalientes Aguas calientes, México. Investigación y Ciencia, Vol. 14, (36) pp. 29-34. en línea]. Dirección: <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>
- Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., y Sijtsma, L. 2014. Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. JRC Scientific and Policy Reports. 82pp.
- Freire, D., Flor, O., y Alvarez, G. 2020. Metodología Seis Sigma en el Incremento de Producción de Spirulina. Revista minerva de investigación científica. Vol. 1. (1). pp 24-31
- Gallardo-Rodríguez, J. et al., 2012. Bioactives from microalgal dinoflagellates. Biotechnology Advances.
- Gómez, F. y García, L. (2013). "Aplicaciones Industriales de la Espirulina.
- Hardy, R. (2006). Worldwide fish meal production outlook and the use of alternative protein meals for aquaculture. En: Aquaculture research institute (artículo en línea). (2006) pg 410-419. [en línea]. Dirección: [http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/VIII/archivos/25Hardy.pdf](http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/25Hardy.pdf).
- Henrikson R (2005) Earth Food *Spirulina*.
- Henrikson, R., 1997. Earth food *Spirulina*, Available at: <http://www.smartmicrofarms.com/PDF.cfm/EarthFoodSpirulina.pdf>.
- Lara, R., & Castro, T., Castro, J., Castro, G., Malpica, A, & García, V. 2005. La importancia de *Spirulina* en la alimentación acuícola. En: Laboratorio de Producción de Alimento Vivo, vol 57, pp 13-16. [en línea]. Dirección: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n57ne/spirulina.pdf>
- Lincoln, E. 1985. El uso de microalgas en la producción porcina. En: Universidad de Florida [en línea]. Dirección: [http://www.academia.edu/Documents/in/Lincoln\\_E.\\_1985.\\_El\\_uso\\_de\\_Microalga](http://www.academia.edu/Documents/in/Lincoln_E._1985._El_uso_de_Microalga)
- Liu Y, Xu L, Cheng N, Lin L, Zhang C (2000). Inhibitory effect of phycocyanin from *Spirulina platensis* on the growth of human leukemia K562 cells. [en línea]. Dirección: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008132210772>
- Matondo, F.K. et al., 2016. *Spirulina* Supplements Improved the Nutritional Status of Undernourished Children Quickly and Significantly: Experience from Kisantu, the Democratic Republic of the Congo. International Journal of Pediatrics.
- Maluenda, M. 2018. El record en todo sector de la soja 2018/19, marcado por la tensión comercial entre EEUU y CHINA. Agrodigital. [en línea]. Dirección: <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2018/10/soja.pdf>, consulta: octubre de 2020.



- Mendoza, K. (2017). Muffins de chocolate con relleno de mermelada de kiwi enriquecida con *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). Tesis para optar el Título de ingeniero pesquero. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ciencias Biológicas Escuela Profesional De Ingeniería Pesquera. [en línea]. Dirección: en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3164/lpmepaks.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Metting, B.; 1990. Agronomic Uses of Seaweed and Microalgae. Introduction to Applied Phycology. Ed. bv. The Hague, págs. 589-627, Netherland.
- Montellano BO de. Medicina, salud y nutrición aztecas. Siglo XXI; 1993. 354p
- Naciones Unidas (2015). "Una población en crecimiento". [En línea]. Dirección: <https://www.un.org/es/sections/issuesdepth/population/index.html>.
- Olvera, Roxana & Ramírez. L. 2006. Uso tradicional y actual de *Spirulina sp.* (*Arthrospira sp.*) Disponible en; [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000900008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000900008)
- ONU, 2008. Resoluciones de las Naciones Unidas. s.l.:s.n.
- Ozono 21. 2009. Alga *Spirulina* como complemento dietético. [en línea]. Dirección: <https://www.ozono21.com/blog/salud/alga-espirulina-como-complemento-dietetico/>
- Paniagua J, Dujardin. E, Sironval. C. 1993. Industrialización del alga *Spirulina*. Pag 8.
- Pedraza, G. 1989. Cultivo de *Spirulina* máxima para suplementación proteica. Livestock Research for Rural Development.
- Ponce, López. 2013. Superalimento para un mundo en crisis: *Spirulina* a bajo costo. Superfood for a world in crisis: *Spirulina* at low cost. Vol 31, (1). pp 135-139.
- Rajapakse N, Kim S. Nutritional and digestive health benefits of seaweeds. *Adv Food Nut Res* 2011; 64: 17-28.
- Ramírez- Moreno, L., y Olvera-Ramírez, R. 2006. Uso tradicional y actual de *Spirulina sp.* (*Arthrospira sp.*). *Interciencia*, Vol. 31, (9) pp. 657-663. [en línea] Dirección: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33912009.pdf>
- Robledo, D. 1997. Las algas y la biodiversidad. *Biodiversitas* 13: 2-4.
- Roughan P G. 1989. *Spirulina*: a source of dietary Gamma Linoleic Acid. *Journal Science Food and Agriculture* 47:85-93. Disponible en; <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740470110>
- Pamulapati, S, V. Presidente y director general y Prakash Chandra Behera, gerente técnico de (aqua), del Grupo PVS, India. Disponible en; [https://www.portaldelagro.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=423:propiedades-dieteticas-multifuncionales-de-la-espirulina-y-su-aplicacion-en-acuicultura&catid=39:noticias&Itemid=58](https://www.portaldelagro.com/index.php?option=com_content&view=article&id=423:propiedades-dieteticas-multifuncionales-de-la-espirulina-y-su-aplicacion-en-acuicultura&catid=39:noticias&Itemid=58)
- Salvagiotti, F. 2009. Manejo de soja de alta producción. pp. 79-85. En: Resumen XVII Congreso AAPRESID, "La Era del Coprogreso". Rosario, Argentina.
- Sasson, A. 1997. Cultivation of *Spirulina*. En *Microalgal biotechnologies: recent developments and prospects for developing countries*. 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnol. Conf. / 3rd Asia-Pacific Conf. Algal B. [en línea] Dirección: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=TH2002002100>
- Sera Blanco, R.A. y García Díaz, M., 2017. The unbelievable spirulina. Disponible en; [https://www.researchgate.net/publication/317312835\\_The\\_unbelievable\\_spirulina](https://www.researchgate.net/publication/317312835_The_unbelievable_spirulina)
- Shamosh, S., y Sánchez, M. 2009. Historia, nutrición, salud y ecología para generar estrategias de comunicación sobre la espirulina (*A. máxima*). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. [en línea] Dirección: <https://www.algaespirulina.mx/pub/uploads/PDF%20ESPIRULINA/1.pdf>
- Simpre, J., Kabore, F., Zongo, F., Dansou, D., Bere, A., Pignatelli, S., Biondi, D., Giuseppe, R., y Musumeci, S. 2006. Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing *Spirulina* and Misola. *Nutrition Journal*. pp.1-7. [en línea] Dirección: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-5-3>
- Sirakov, I., & Velichkova, K. (2012). The effect of algae meal (*Spirulina*) on the growth performance and carcass parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). [en línea] Dirección:

- [https://www.researchgate.net/publication/271326438\\_The\\_effect\\_of\\_algae\\_meal\\_Spirulina\\_on\\_the\\_growth\\_performance\\_and\\_carcass\\_parameters\\_of\\_rainbow\\_trout\\_Oncorhynchus\\_mykiss](https://www.researchgate.net/publication/271326438_The_effect_of_algae_meal_Spirulina_on_the_growth_performance_and_carcass_parameters_of_rainbow_trout_Oncorhynchus_mykiss)
- Soni, R, A., Sudhakar, K. y Rana, R.S., 2017. Spirulina – From growth to nutritional product: A review. Trends in Food Science and Technology.
- Speedy, A. 2004. "Overview of world feed protein needs and supply", Protein Sources for the Animal Feed Industry. Vol. 2020, no April 2000, pp. 9–27, 2002.
- Strohmeyer, C. 2011. Spirulina algae; The aquatic health benefits for tropical, marine and goldfish. American aquarium. [en línea] Dirección: <https://www.americanaquariumproducts.com/SpirulinaAlgae.html>
- UE (1997a). Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 1997 sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios. DO L 43 de 14 de febrero de 1997, pp: 0001-0006.
- Valdés, Y., y Soto, M. 2008. Algas, aliadas en el pasado y sustento para el futuro. Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba. Tecnología Química, vol. XXVIII, (3). pp. 46-50.
- Valido, A., Rodríguez, R., Quintana, A., Peña, C., y Pinchetti, J. 2018. Sobre los efectos del consumo de la cianobacteria *Arthrospira (Spirulina)* en la salud. Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología. Algas 54. pp 24-32.
- Villalba Clara. 2018. Bioprospección de *Arthrospira platensis* nativa del chaco paraguayo como propuesta alternativa para fines alimentarios. [en línea] Dirección: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/tesis\\_claravillalba.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/tesis_claravillalba.pdf)
- Vitón, D., y Macías, M. 2016. Una reseña corta sobre el valor nutritivo de la espirulina *Arthrospira platensis* y su uso en la alimentación porcina. Revista computadorizada de producción porcina. Vol. 23 (1).
- Vonshak, A. y Tomaselli, L. 1996. "*Arthrospira (Spirulina)*: Systematics and Ecophysiology. En The ecology of Cyanobacteria". Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holland. [en línea] Dirección: [https://www.researchgate.net/publication/227003721\\_Arthrospira\\_Spirulina\\_Systematics\\_and\\_Ecophysiology](https://www.researchgate.net/publication/227003721_Arthrospira_Spirulina_Systematics_and_Ecophysiology)
- WoRMS - World Register of Marine Species - *Arthrospira* Sitzenberger ex Gomont, 1892 [en línea] Dirección: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=162385>