UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención de Titulo de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

"APLICACIÓN DE LA ESPIRULINA *(ARTHROSPIRA PLATENSIS)* EN LA AGROINDUSTRIA ECUATORIANA"

AUTORES:

Vanessa Pamela Naranjo Ortiz

Daniel Sebastián Jácome Meza

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Franklin Rolando Villafuerte Carrillo, Mg.

PASTAZA – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe **Naranjo Ortiz Vanessa Pamela** con C.I. **1805464425**, hace constar que el autor del Proyecto de Investigación de Integración Curricular titulado: **"aplicación de la Espirulina *(arthrospira platensis)* en la agroindustria ecuatoriana"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo Ing. Villafuerte Carrillo Franklin Rolando, Msc. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón de Pastaza, a los 11 días del mes de septiembre del 2020.

_____

Naranjo Ortiz Vanessa Pamela

C.I. 1805464425

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe **Jácome Meza Daniel Sebastián** con C.I. **1600486052**, hace constar que el autor del Proyecto de Investigación de Integración Curricular titulado: **"aplicación de la Espirulina *(arthrospira platensis)* en la agroindustria ecuatoriana"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo Ing. Villafuerte Carrillo Franklin Rolando, M.sc. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón de Pastaza, a los 11 días del mes de septiembre del 2020.

_____

Jácome Meza Daniel Sebastián

C.I. 1600486052

Oficio No. 257-SAU-UEA-2020

Puyo, 14 de septiembre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados NARANJO ORTIZ VANESSA PAMELA con C.I. 1805464425 y JÁCOME MEZA DANIEL SEBASTIÁN con C.I. 1600486052, con el Tema: **"APLICACIÓN DE LA ESPIRULINA *(ARTHROSPIRA PLATENSIS)* EN LA AGROINDUSTRIA ECUATORIANA"**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director del proyecto Ing. Villafuerte Carrillo Franklin Rolando, M.Sc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%, Informe generado con fecha 13 de septiembre de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **"APLICACIÓN DE LA ESPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EN LA AGROINDUSTRIA ECUATORIANA"**.

_____

Dr. Amaury Pérez Martínez
Presidente del Tribunal

_____

Msc. Vicente Fabricio Domínguez Narváez
Miembro del Tribunal

_____

Dr. Hernán Patricio Ruiz Mármol
Miembro del Tribunal

Agradecimiento

A Dios por el amor infinito que me entregó día a día para poder hacer realidad hoy una de mis metas.

A mi padre Joel Naranjo y mi madre Sandra Ortiz, que con su enorme esfuerzo permitieron que culminé mis estudios, a mi hija Salome Simbaña por ser el motor que mueve mi vida y a mi familia porque de alguna u otra manera fueron apoyo incondicional en esta etapa.

A la Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de formarme como profesional, a mis maestros que sembraron en mí valores de honestidad, responsabilidad y sobre todo amor a la humanidad, gracias por ser quienes me guiaron en todo este arduo camino.

Y finalmente agradecer a todas aquellas personas que aportaron con un granito de arena para que pueda llevar a cabo este proyecto y hacer posible que yo culmine mi carrera de ingeniera agroindustrial.

Vanessa Pamela Naranjo Ortiz

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme salud para poder alcanzar una meta más propuesta en mi vida, a mi padre Patricio Jácome y a mi madre Joconda Meza quienes siempre estuvieron apoyándome en cada paso que tenía que dar, también a mis hermanos Johanna, Juan y Andrés que me brindaron sus conocimientos para seguir en mis estudios, a mi esposa por ser una mujer comprensiva y a mi hijo Matías por ser mi inspiración día a día.

A la Universidad Estatal Amazónica por abrirme las puertas y ofrecerme la oportunidad de ser hoy un Ingeniero Agroindustrial y servir a mi querido país.

A todos los docentes que en esta etapa de mi vida me brindaron su amistad y apoyo incondicional.

Daniel Sebastián Jácome Meza

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres, que nunca me dejaron sola en todo este trayecto, le dedico con mucho amor a mi hija Salome, a mi esposo Javier Vásconez por ser la persona quien fue y es mi apoyo incondicional y a mis abuelitos Gerardo y Gloria, ya que son y serán la razón de todos mis triunfos.

También quiero dedicar este proyecto a mis hermanos Esteban y Gerardito que han sido constantemente apoyo emocional en mis estudios.

Vanessa Pamela Naranjo Ortiz

Dedicatoria

Este proyecto le dedico a mi hijo Matías por ser el que me motiva a seguir adelante que llegó a mi vida para llenarme de alegría, a mi esposa que me acompaño y brindo todo su amor en este trayecto de mi vida estudiantil.

Le dedico a mi padre que siempre estuvo en los momentos más difíciles y me pudo guiar por el camino del bien

Daniel Sebastián Jácome Meza

RESUMEN

La espirulina (*arthrospira platensis*) es una cianobacteria verde azulada, conocida por su alto contenido proteico considerada en el mundo como el alimento más completo a nivel nutricional; se utiliza para la elaboración de cápsulas comprimidas de esta alga comestible, y por más de 20 años, se ha manejado como complemento nutricional de alimentos procesados para humanos y animales. El objetivo del presente trabajo fue respaldar documentalmente los beneficios de incluir a la espirulina en la agroindustria ecuatoriana como un complemento nutricional. La investigación demostró que la espirulina sirve para enriquecer alimentos, como complemento alimenticio para animales, contrarrestar enfermedades como el cáncer entre otros, varias de esas atribuciones se debe a su amplia composición nutricional, rica en sustancias antioxidantes, proteínas, minerales y vitaminas.

Palabras claves: alto contenido proteico, cianobacterias, complemento, enriquecer, suplemento.

ABSTRACT

Spirulina *(Artrospira platensis)* is a blue-green cyanobacterium, known for its high protein content, considered in the world as the most complete food at a nutritional level; It is used to make compressed capsules of this edible algae, and for more than 20 years, it has been used as a nutritional supplement to processed foods for humans and animals. The objective of this work was to document the benefits of including spirulina in the Ecuadorian agribusiness as a nutritional supplement. The research showed that spirulina is used to enrich food, as a food supplement for animals, to counteract diseases such as cancer among others, several of these attributes are due to its broad nutritional composition, rich in antioxidants, proteins, minerals and vitamins.

Keywords: high protein, cyanobacteria, supplement, enrich, supplement.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I **1**

1. INTRODUCCIÓN **1**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **1**

1.2 OBJETIVOS **2**

1.3 JUSTIFICACIÓN **2**

CAPÍTULO II **3**

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA **3**

2.1 Historia **3**

2.2 Condiciones de cultivo **3**

2.3 Sistemas de cultivo **4**

2.4 Microalgas **5**

2.5 Cianobacterias. **5**

2.6 Generalidades de la Espirulina **5**

2.7 Espirulina en la alimentación **7**

2.8 Producción mundial de Espirulina **7**

CAPÍTULO III **8**

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN **8**

3.1 Localización **8**

3.2 Tipo de investigación: **9**

3.3 Métodos de investigación: **9**

CAPÍTULO IV **10**

4. RESULTADOS **10**

4.1 Composición de la espirulina **10**

4.1.1 Beneficios del consumo de espirulina **12**

4.2 Niveles de espirulina utilizados en humanos y animales **14**

4.3 Usos y aplicaciones de la espirulina **16**

4.3.1 Espirulina en alimentos **16**

4.3.2 Espirulina en Alimento para animales **17**

4.3.3 Espirulina en la agricultura **18**

4.3.4 Espirulina y la cosmetología **19**

CONCLUSIONES **20**

RECOMENDACIONES **20**

REFERENCIAS **21**

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arthrospira Platensis **.....6**
Figura 2: localización del domincilio de Pamela Naranjo **.....8**
Figura 3: localización del domicilio de Daniel Jácome **.....8**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición bioquímica de la espirulina (arthrospira platensis)**.....11**
Tabla 2: Comparación general de diferentes fuentes de alimentos**.....14**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La espirulina es un alga marina más conocida como una cianobacteria verde azul, con un alto complemento nutricional muy favorable para humanos y animales. Hace ya muchos años atrás, se ha conocido de alimentos con componentes beneficiosos para la salud, siendo uno de estos la espirulina; que ha tenido una gran importancia en las investigaciones, tanto por sus valores nutritivos. (Bohórquez Medina, 2017)

Esta cianobacteria llamada espirulina es conocida con un alto contenido nutritivo, las industrias han desarrollado varios productos con esta microalga en el ámbito alimenticio, cosmético y en técnicas de aguas residuales, siendo muy demandado en el sector alimenticio para animales y humanos, por sus elevados nutrientes favorables para el organismo. (Aloyo, 2012)

La producción de esta alga se da por diferentes escalas de producción mediana, pequeña y grande, por ello para la producción de escala pequeña resulta muy costoso, por lo que hay que darle un medio adecuado donde se desarrolle las algas, además, viven en un ecosistema que existe simbiosis, siendo su rendimiento muy favorable para su industrialización. (Bezares, Arteaga, & Ávila, 2015)

La insuficiente información sobre los beneficios del consumo de la espirulina en el mundo de la agroindustria no ha permitido incluir a esta alga como una materia prima o suplemento nutricional para la elaboración de alimentos de consumo humano o animal. La espirulina contiene nutrientes necesarios para una dieta balanceada, de manera que el consumo de esta cianobacteria en cualquier gama de alimentos o variedad de productos alimenticios pueden mejorar el aspecto nutricional.

El problema: No existe suficiente información e investigación acerca del uso y aplicación de la espirulina en la agroindustria; por lo que, se desconoce los valores nutricionales de esta alga y no se está aprovechando los beneficios para mejorar la salud de humanos y animales.

1.2 OBJETIVOS

General

Determinar las aplicaciones de la espirulina introducida en la Agroindustria ecuatoriana.

Específicos

•Caracterizar bibliográficamente la composición de la espirulina para beneficio de animales y humanos.

•Identificar los niveles de espirulina que deben utilizarse en alimentos de animales y humanos.

•Identificar los usos y aplicaciones de la espirulina.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día los alimentos naturales son un potencial para el organismo, ya que productos muy procesados pierden su contenido nutricional, por ello la industrialización de los productos naturales están tomando fuerza cada día más por sus excelentes beneficios que aporta al organismo en animales y humanos. (Vitón & Macías, 2016)

En la industria alimenticia no existen los suficientes estudios e investigaciones en los cuales se presenten los beneficios de la espirulina en la alimentación de animales y humanos, con la finalidad de aprovechar las propiedades nutricionales que brinda esta microalga. (Diaz, Cardenas Nieto, & Wagner, 2010)

En función a todo lo que se incluirá en el documento considero que la espirulina es un poderoso alimento descubierto hace varios años, esta microalga tiene muchos beneficios para la salud, sobre todo nutrientes propicios para la dieta diaria, la introducción de esta alga para enriquecimiento de alimentos tendría gran éxito por lo que elevaría su contenido proteico y nutricional de los alimentos procesados, siendo esta alga una buena alternativa para la agroindustria ecuatoriana.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Historia

La espirulina sirvió de alimento para los pescadores aztecas ya que les brindaban una resistencia extraordinaria, se descubrió hace aproximadamente 3500 millones de años.

La investigación de esta alga se dio cuando se buscaba eliminar la contaminación de un lago en una planta industrial de extracción en México en el último tercio del siglo XX. Esta contaminación se pretendía eliminar por medio de algas lo que dio origen a su redescubrimiento y cientos de investigaciones sobre ella. (Huarachi, Yapo, & Dueñas, 2014)

En 1940, Dangeard publicó sobre el consumo de dihé (Espirulina) por las personas de la etnia Kanembu en África. Hasta la fecha, se sigue cosechando en los bordes del lago Chad, ésta es filtrada en el suelo arenoso cerca de los ríos, donde las condiciones para el desarrollo de la Espirulina son las adecuadas, se realiza un secado y finalmente se obtiene una salsa amarga. Esta variedad producida en Chad tiene un mejor valor nutricional que las algas cultivadas en digestores anaeróbicos, además de ser 100 veces más económico que las vendidas en los países desarrollados. (Tarazona Díaz, 2015)

Después de ser redescubierta en México por la compañía Sosa Texcoco, la Espirulina fue establecida en 1997 como una "fuente de alimento maravillosa para el futuro" por la Asociación Internacional de Microbiología Aplicada. (Tarazona Díaz, 2015)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la espirulina es una bacteria primitiva surgida hace aproximadamente 3.5 mil millones de años que ha adquirido la habilidad de utilizar el dióxido de carbono disuelto en el agua salada como fuente de nutriente para su reproducción. Es un Cianofito Fotosintetizador (cianobacteria) que crece vigorosamente bajo fuerte iluminación solar, a gran altura y en condiciones muy alcalinas. Aunque, existen otras "cianobacterias" con propiedades similares, la familia de la Espirulina, cuyo término más aceptado desde 1997 es Artrospira, posee dos especies fundamentales la A. Máxima y la A. Platensis. (Sera Blanco & García Díaz, 2017)

2.2 Condiciones de cultivo

La espirulina crece en medios alcalinos y se puede cultivar en monocultivos lo que hace atractivo para la producción industrial, el género Arthrospira se ha utilizado durante mucho tiempo como cepa de laboratorio para estudios fisiológicos y moleculares debido a su

propiedad de no deslizamiento, que permite la formación de colonias individuales. (Romero Maza, Guevara, & Bernal, 2018) (Cheevadhanarak, Paithoonrangsarid, & Prommeenate, 2012)

2.3 Sistemas de cultivo

2.3.1 Sistemas Abiertos

- **Lagos y estanques naturales:** hay lagos y estanques con condiciones óptimas donde crece espirulina de manera natural como el lago Caracol en México y en el Chad.
- **Sistemas inclinados:** en estos sistemas gracias a la inclinación se realiza la turbulencia necesaria para la producción eficaz de espirulina. Estos sistemas presentan algunos problemas como la sedimentación de algas en las zonas bajas y una gran necesidad de energía debido al continuo bombeo del cultivo de la zona baja al alta.
- **Raceways:** son los más empleados, el tipo de raceway más sencillo es con un tanque de poca profundidad con las paredes ovaladas y con un nivel de agua no superior a los 15 cm. Algunas de sus desventajas son la pérdida de agua por evaporación y un deficiente control de la temperatura del cultivo. (Janés Bort, 2019)

2.3.2 Sistemas Cerrados

- **Columnas:** son fotobiorreactores cerrados que se basan en la columna deburbujeo de material transparente. Son de fácil construcción, no obstante, tienen algunas desventajas como la pérdida de la captación solar en horas centrales del día y el escalado, ya que al aumentar el diámetro se aumenta la zona oscura, que sería la zona central de la columna, y, por tanto, baja la productividad.
- **Fotobiorreactores planos:** este tipo es un método muy utilizado para producir organismos fototróficos en laboratorios, debido a que facilitan la medición de la irradiancia en la superficie de cultivo. En la práctica son difíciles de construir este tipo de fotobiorreactores si son demasiado largos por la dificultad que tiene esta geometría para soportar la presión hidrostática. Además, pese a que pueden inclinarse, siguen siendo dispositivos verticales, dependen del burbujeo, y son por lo tanto pobres captadores de luz en muchos momentos del día. (Janés Bort, 2019)

2.4 Microalgas

Las microalgas forman parte de un grupo de organismos muy heterogéneo, son predominantemente acuáticas y generalmente unicelulares microscópicas, que pueden formar colonias, y presentan poca o ninguna diferenciación celular. Su variada coloración es característica aprovechado por la presencia de pigmentos y un mecanismo fotoautotrófico. Filogenéticamente, las microalgas están compuestas por especies procariotas o eucariotas, antiguas o nuevas, según el período en el que aparecieron en el planeta. El término "microalgas" no tiene valor taxonómico, ya que incluye microorganismos de algas con clorofila y otros pigmentos fotosintéticos capaces de realizar la fotosíntesis de oxígeno. Las microalgas constituyen una gran variedad de organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis al igual que las plantas, su estructura unicelular les permite convertir fácilmente la energía solar en energía química, y su gran diversidad hace de ellas una fuente potencial de diferentes sustancias químicas con aplicaciones nutricionales, cosméticas e incluso farmacológicas. Hoy en día, las aplicaciones de las microalgas son numerosas; las investigaciones actuales se centran en la obtención de productos de alto valor nutricional para mejorar los alimentos (por ejemplo, alimentos infantiles), para obtener complementos nutricionales, cosméticos o como aditivos alimentarios (colorantes), además de su uso en la acuicultura. (Schmitz, Dal Magro, & Colla, 2012)

2.5 Cianobacterias.

Las cianobacterias son organismos desprovistos de membrana nuclear y mitocondrias; difieren de otros procariotas en la composición de sus ácidos grasos, ya que frecuentemente presentan ácidos grasos no saturados con dos o más enlaces dobles. Poseen solamente clorofila-a y un fotosistema II (PS-II), así como los pigmentos fotosintéticos, los pigmentos accesorios y los componentes del transporte de electrones, están incluidos en los tilacoides (sistemas membranosos fotosintéticos), íntimamente ligados al sistema clorofílico se encuentran unos agregados llamados ficobilisomas o ficobilinas. (Asero Farinango, 2014)

2.6 Generalidades de la Espirulina

Normalmente tiene de 5 a 9 espiras, su longitud va de 200 a 300 micras y el diámetro de las células está en el rango de 1 a 33 micras en las especies pequeñas y de 3 a 12 micras en las grandes, presenta el aspecto de un tricoma de 7 a 9 micras de diámetro, con forma de espiral abierta de 3 a 8 vueltas, 40 a 60 micras de diámetro, 70 – 80 micras de longitud, ligeramente afinada en los extremos. (Mendoza Pariaza, 2017)

La espirulina es considerada un alga cosmopolita, microalga o un alga unicelular crece en ambientes con alto contenido de salinidad con un pH elevado (superior a 9) y una temperatura de (25 a 35°C) con una condición óptima de luz. La Espirulina es una microalga verde azulada (figura 1) de la especie cianofícea que ha presentado gran interés en la industria por su gran contenido nutricional de carácter renovable y con menores impactos ambientales. (Perez, y otros, 2002) (Ponce López, 2013)

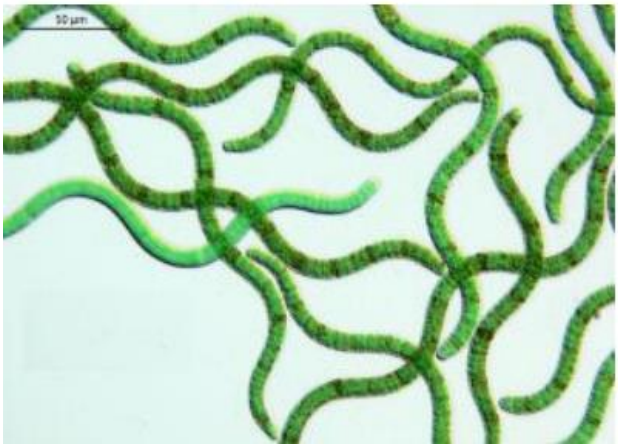


Figura 1 **Arthrospira Platensis** (Bohórquez Medina, 2017)

Presenta una estructura celular de una procariota y comparte características de planta y del reino animal, como la capacidad de hacer fotosíntesis que tienen las plantas y en el reino animal comparte los azúcares complejos similares al glucógeno que hay en sus membranas. La espirulina tiene una absorción muy alta que está entre un 85 y 95%, además de contener un 65% en proteínas, hay que resaltar que contiene todos los aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, fenilalanina, metionina, lisina, treonina, valina y triptófano. Incluso la espirulina presenta proteínas resistentes al estrés inducido por altas temperaturas (35°-40°C) en presencia de la luz. (Bohórquez Medina, 2017)

La espirulina (*Arthrospira platensis)*, ha sido empleada desde la antigüedad como alimento humano y desde hace más de 30 años ha sido reintroducida con estos fines y en la alimentación animal. El uso de algas, particularmente espirulina, como alimento funcional para combatir patologías, se propuso desde hace algunas décadas debido a que estos alimentos no solo son fuentes alimentarias de alta densidad proteica, sino que también ofrecen un perfil de aminoácidos de alto valor biológico. Se considera un superalimento. Es consumida por atletas de nivel olímpico y es el alimento de los astronautas. Las microalgas son conocidas por sus múltiples aplicaciones entre las que se encuentran la agricultura,

acuicultura, producción de alimentos para animales y humanos, cosmética, productos farmacéuticos, e importantes servicios ambientales como la eliminación de metales pesados.

2.7 Espirulina en la alimentación

La espirulina crece en condiciones ecológicas, sin la necesidad de herbicidas ni pesticidas, posee una capacidad rápida de reproducción y de crecimiento, absorbe y forma complejos orgánicos naturales con oligoelementos, por esta razón se hace fácil de asimilar cuando se consume. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) y La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) la declararon como: "el mejor nutriente del futuro", la comercialización de la espirulina en Ecuador se realiza principalmente en farmacias y centros naturistas, la espirulina posee dos procedencias, la primera es importada como la espirulina Masson y la segunda es producida en el país en presentaciones de cápsulas como suplemento nutricional. (Vasconez, 2012)

2.8 Producción mundial de Espirulina

Los principales paises productores de espirulina se ecuentran en el continente asiatico, su porudccion osila entre 60 y 100 TM de biomasa por año, la arthorspira se deshidrata y pulveriza para fabricar compimidos o cápsulas que se venden como suplemento alimenticio. La produccion mundial se estima que posee un valor de 4º millones de dólares, según los datos de la FAO. El principal productor de espirulina es China con un 99%, seguido de Grecia que ocupa el segundo lugar, posteriormente aparecen paises como Burkina Faso, República Centroafricana, México y Senegal. (Plaza Gordo, 2018)

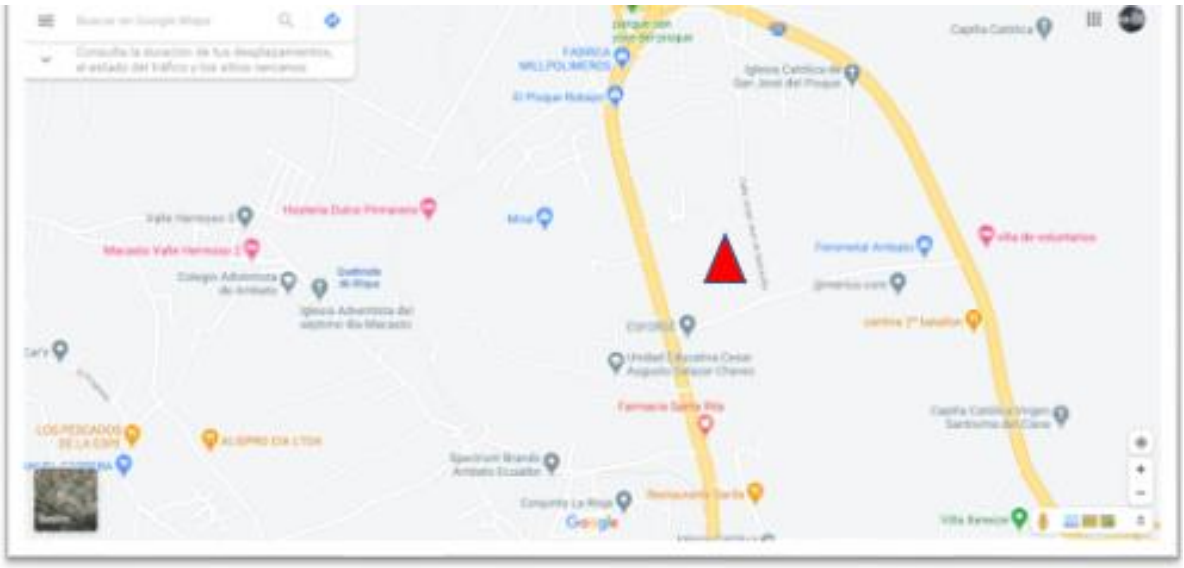
CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

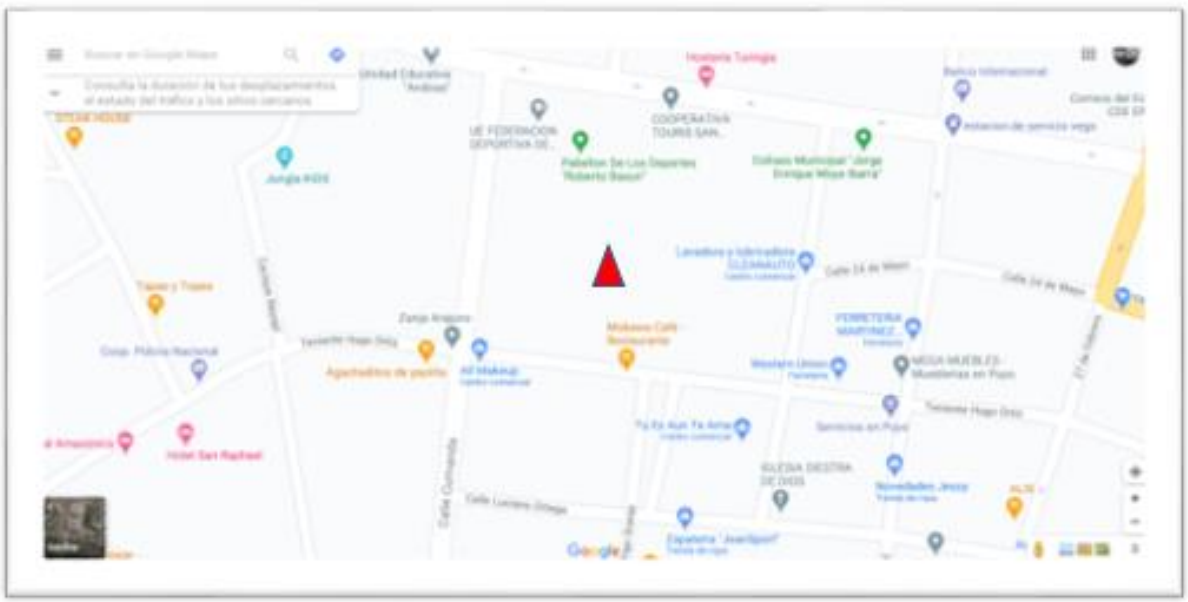
El presente trabajo de investigación por la emergencia sanitaria que atraviesa nuestro país se realizó en la provincia de Tungurahua, ciudad Ambato barrio Pisque- Izamba.

Figura 2: **localización del domincilio de Pamela Naranjo**



También se realizó en la provincia de Pastaza, ciudad Puyo barrio Libertad.

Figura 3: **localización del domicilio de Daniel Jácome**



3.2 Tipo de investigación:

El presente trabajo previo a la obtención de título universitario fue una revisión bibliográfica, que nos ayudó a identificar los beneficios, usos y aplicaciones de la espirulina en la agroindustria ecuatoriana.

3.3 Métodos de investigación:

Fue un método exploratorio cualitativo partiendo de un problema en específico y a través de la investigación se planteó posibles soluciones. El método específico fue de tipo documental, por lo que finalmente se presentó la información recopilada, esta investigación se ratificó entre 28 artículos científicos, tesis en línea y libros, sobre la espirulina en la agroindustria que se encontró en los diferentes sitios web. Otro tipo de diseño que se empleó en el trabajo de investigación es el tipo descriptivo cuantitativo que ayudó a identificar las propiedades, usos y niveles recomendados de espirulina para humanos y animales.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Composición de la espirulina

La especie *(arthrospira platensis)*, conocida como espirulina, es una cianobacteria, capaz de convertir la energía del sol en compuestos químicos usando dióxido de carbono y liberando oxígeno. Por sus características, ha adquirido gran importancia en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética, debido a su alto valor nutricional por su contenido de proteínas, vitaminas, sales minerales y pigmentos y como agente antimicrobiano, Además, es reconocida como la mejor fuente natural de vitamina B12. (Rojas, Ávila, & Parada, 2012)

La microalga espirulina (*Arthrospira*) ha sido ampliamente estudiada por su potencial terapéutico en varias áreas, y por su alto contenido proteico, entre sus principales componentes se encuentran: azúcares (12-25%) proteínas (55-70%) ácidos grasos esenciales (18%) vitaminas y minerales en su constitución química. La espirulina además de estos componentes contiene pigmentos carotenoides, en especial los betocarotenos, zeaxantina y ficocoanina, compuestos fenólicos, sustancias antioxidantes. La ingesta de espirulina (*arthrospira)* no ha demostrado efectos de toxicidad en humanos y animales. (Bertolin, y otros, 2009)

En el área farmacológica la espirulina *(arthrospira platensis)* tiene actividad terapéutica, se realizó ensayos en ratas de laboratorio y células vivas, obteniendo como resultados algunas acciones terapéuticas de esta microalga tales como:

Antialérgico: la inoculación intraperitoneal inhibió varios tipos de reacciones alérgicas

Antianémico: sola o en combinación con gluten de trigo, aumentó el contenido de hierro y hemoglobina durante la primera semana de la gestación y en la lactación.

Anticancerígeno: Siete administraciones intravenosas de 100 m g de Ca-SP cada una, obtenido del alga, causaron marcada disminución de tumor pulmonar colonizado con células B16-B6.

Anticoagulante: Redujo el citocromo P450 hepático, inducción de la glutation-S-transferasa hepática; sin embargo, la actividad de la glutation-S-transferasa extrahepática, no presentó cambios.

Aumentó el tiempo de sobrevida de ratones BALB/c inoculados con el linfosarcoma L517BY

Anticoagulante: Cofactor heparina, Un polisacárido aislado del alga aumentó en más de mil veces la actividad antitrombina del cofactor II de la heparina.

Anti genotóxico: Extractos acuosos y orgánicos inhibieron la frecuencia de micronúcleos en células meióticas de Tradescantia, inducida por la hidrazida maleica.

Anti hepatotóxico: La espirulina, el extracto oleoso y la fracción del alga exenta de grasa previnieron el hígado graso inducido por tetracloruro de carbono.

Antiinflamatorio: La ficocianina, obtenida de espirulina, redujo la inflamación producida por peróxido

Antiparasitario: En ratones inoculados con Plasmodium chabaudi no se observó efectos en la parasitemia pero tampoco desarrollaron recrudescencia.

Antitóxico: Redujo la toxicidad del plomo sobre testículos, peso corporal y diámetro tubular.

Antiviral: en células humanas se observó, un extracto acuoso inhibió en 50 % la producción de HIV-1 en líneas de células humanas, células mononucleares y células de Laangerhans. (Chamorro, y otros, 2002)

Tabla 1

Composición bioquímica de la espirulina (arthrospira platensis)

Compuesto	**Contenido (%)**	**Compuesto**	**Contenido (%)**
Proteínas	50-70%	**Vitaminas**	
Leucina	5.9-6.5	Provitamina A	0.11-0.2
Valina	7.5	Tiamina B1	3-4 mg
Isoleucina	6.8	Riboflavina B2	2.5-3.5 mg
Lisina	2.6-3.3	Niacina B3	0.014
Fenilalanina	2.6-3.3	Vitamina B6	0.5-0.7 mg
Metionina	1.3-2.0	Cobalamina B12	0.15-0.25 mg
Triptófano	1.0-1.6	Vitamina E	5-7 mg
Ácido glutámico	7.3-9.5	Vitamina K	2.2 mg
Ácido aspártico	5.2-6.0	Ácido fólico	2-5 mg
Cisteína	0-5-0-7	Ácido pantoténico	0.5-0.8 mg
Ácidos grasos	3-6.5*	**Minerales**	7*
Ácido mirístico	0.23	Potasio	1-14

Ácido palmítico	44.6-54.1	Sodio	0.45-0.5
Ácido palmitoleico	1.26	Fósforo	0.3-0.7
Ácido linoleico	11-31	Calcio	0.1-0.4
Ácido oleico	1-15.5	Magnesio	0.1-0.2
Otros	20.88	Hierro	0.03-0.05
Carbohidratos	**15-20***	Manganeso	0.005
Glicerol	7.4	Zinc	0.003
Glucosa	7.5	Cobre	0.0012
Ramnosa	17.1	Cromo	0.28 mg
Fucosa	3.3	**Pigmentos**	**6***
Ribosa	8.1	Clorofila a	0.9-1.5
Xilosa	4.5	Carotenoides	0.648
Manosa	1.9	B-carotenos	15
Galactosa	8.2	Equinenona	11-13
D-glucosamina	2.12	B-criptoxantina	6-8
No identificados	2.6	Zeaxantina	25

* % en base al peso seco de la biomasa. Modificado en Cohen (1997), Sasson (1997) y Sánchez et al (2003). (Ramirez Moreno & Olvera Ramirez, 2006)

4.1.1 Beneficios del consumo de espirulina

La espirulina debido a su alto valor nutricional y de composición, contribuye a:

- Regular las funciones intestinales y digestivas.
- Incrementar la resistencia en período de actividad intensa (deportiva, intelectual, etc.)
- Reducir la actividad de reacciones oxidativas en el organismo, debido a su alta concentración en antioxidantes naturales.
- Debido a su riqueza en nutrientes de alto valor biológico, la espirulina restablece el buen funcionamiento del metabolismo en organismos con deficiencias.
- Es ideal para incluir en las dietas de control de peso.
- Ayudar a pacientes con alteraciones del metabolismo de los carbohidratos (diabetes).
- Es un potenciador del sistema inmunológico y combate la anemia por falta de hierro.

- Por su riqueza en clorofila es útil como desinfectante a nivel de intestinos, vesícula biliar y sangre. (Larrea, 2013)

La espirulina es muy favorable para la salud, por su alto contenido proteico, además contiene los aminoácidos esenciales que benefician a la salud como:

- Leucina: Disminución en los niveles sanguíneos de glucosa, y reparación de tejidos.
- Isoleucina: Indispensable en la síntesis de hemoglobina y la regulación de la glucosa en la sangre.
- Valina: Generación de tejido nuevo y un desarrollo muscular apropiado.
- Metionina: Desintegración de las grasas, antioxidante, protege contra las radiaciones en la piel.
- Fenilalanina: Responsable de las señales entre las células nerviosas y el cerebro, también promueve la noradrenalina. (Garcia, 2014)

La espirulina también contiene grandes cantidades de ácidos grasos que se dividen en Saturados e Insaturados, los ácidos grasos saturados nos ayudan con la enfermedad crónica, por ejemplo: ácido palmítico, esteárico y láurico. Los ácidos insaturados se dividen en monoinsaturados y poliinsaturados, nos sirve para una actividad óptima de nuestro cuerpo, sistema cardiovascular, cerebral, etc., por ejemplo: ácido oleico, linoleico. (FAO, 2012)

Las vitaminas son compuestos orgánicos, que se encuentran en los alimentos y son indispensables para nuestro cuerpo. En la espirulina podemos encontrar una variedad de vitaminas favorables para el organismo como

- Vitamina A: Indispensable para la vista, desarrollo de tejido epitelial y de la piel, perfeccionamiento en el crecimiento de huesos y dientes.
- Tiamina B1: Conducción nerviosa, mejora metabolismo energético.
- Riboflavina B2: Óxido-reducción en las reacciones del cuerpo.
- Niacina B3: Parte funcional de NAD y NADP, óxido-reducción en el metabolismo energético.
- Vitamina B6: Transaminación y descarboxilación de aminoácidos, desarrollo de hormonas esteroídeas.

- Ácido Fólico: Importante en la síntesis de ADN y división celular.
- Ácido pantoténico: Síntesis y metabolismo de ácidos grasos. (Carbajal, Sierra, López, & Ruperto, 2020)

Los minerales son sustancias inorgánicas esenciales para nuestro cuerpo, la espirulina contiene varios minerales (Na, K, Cl, Ca, P, Mg) y sus funciones en el organismo son:

- Ayudan al metabolismo celular
- Crecimiento, desarrollo e inmunidad
- Relajamiento muscular
- Transmisión nerviosa
- Estabilidad de ritmo cardiaco
- Antioxidante (Carbajal, Sierra, López, & Ruperto, 2020)

4.2 Niveles de espirulina utilizados en humanos y animales

La espirulina como un súper alimento en la dieta de humanos y animales va tomando fuerza en la industrialización de este producto. Las variedades más tratadas en la industria son la (*spirulina maxima, spirulina platensis y spirulina fusiformis)*, estas cianobacterias han llegado a ser una de las más consumidas en el mercado, se posiciona dentro de los primeros lugares en valor nutricional por su alto contenido de proteína y aminoácidos esenciales óptimos para la alimentación de animales y humanos. (Ribas & Oliveira, 2020)

Tabla 2

Comparación general de diferentes fuentes de alimentos

Producto	**Proteína**	**Carbohidratos**	**Lípidos**
Carne	43	1	34
Leche	26	39	28
Arroz	8	77	2
Soya	37	30	20
Espirulina	51	14	7

(Ribas & Oliveira, 2020)

El factor primordial que influye en la calidad de la espirulina en el lapso de la cosecha e industrialización es la temperatura del medio, siendo recomendable una temperatura entre 35

y 37 °C, también tenemos que tener en cuenta la iluminación y pH entre 9.4 y 10.4 ayudando al desarrollo de la espirulina. (Vitón & Macías, 2016)

La espirulina es cultivada a gran escala por su uso en la alimentación humana y en la elaboración de piensos para animales, ya que es un suplemento alimenticio con muchos beneficios en el desarrollo de las diferentes especies animales como: peces, aves, cerdos y rumiantes entre otros. También es usada para la reparación de aguas residuales, además forman parte extra para la adherencia de CO_2 atmosférico, evitando las emisiones de estos gases. (Vanegas & Hernández, 2018)

Existen muchas investigaciones de las cantidades adecuadas que se debe utilizar en las personas de espirulina, los estudios demuestran que niveles adecuados de suministrarla es de 2 – 4 gramos por día y para enfermedades como diabetes, cáncer, triglicéridos, hipertensión, etc., se recomienda de 8 - 10 gramos por día. (Deng & Chow, 2010)

La cianobacterias que se consumen para diferentes fines de la salud no muestran inconvenientes por el consumo diario en personas, con dosis adecuadas detalladas anteriormente, ya que su composición orgánica no afecta a nuestro organismo, por otro lado, se debe tener muy en claro que la espirulina no es un suplemento para remplazar los productos de origen animal, la cual no garantiza un alimento completo que debe tener cada individuo. (De La Jara Valido, Ruano, Martel, Almeida, & Gómez, 2018)

La demanda de alimentación animal cada vez crece más, uno de los propósitos de las industrias es producir suplementos proteicos para mejorar el desarrollo de los animales, ya que existe un gran interés en el mercado por sus múltiples beneficios en el organismo de los animales, los cuales se han venido desarrollando en las investigaciones de la espirulina, como fuente proteica para rumiantes, con excelentes respuestas en el organismo. (Cortés, Zúñiga, & Meza, 1976)

El consumo de espirulina en animales en diferentes estudios, especifican que tiene beneficios en la ganancia de peso y masa corporal, administrando un 10% de espirulina diario, agregando en su alimentación básica, siendo un suplemento alimenticio de alto valor nutricional en la dieta de animales, lo cual nos ayuda a tener un mayor peso y menor inversión en la producción de animales. (Holman, Kashani, & Malau, 2012)

En animales en si no existe dosis por lo que se añade la espirulina en sus alimentos como comprimidos y balanceados como un aditivo nutritivo, dependiendo del fabricante depende la

dosis para las raciones alimenticias de animales, en un experimento que se realizó para curar las alergias y mucosa nasal que se desarrollan en los animales, siendo muy exitoso el experimento se añadió 2 gramos por día de espirulina en animales enfermos. (Garrido, y otros, 2017)

Otros estudios en pollos demuestran lo siguiente: se realizó cuatro métodos con 50 pollos cada tratamiento, añadiendo 0%, 1%,3% y 5% de espirulina, siendo el T4 el de mejor resultado con una cantidad de espirulina de 13510,97 gramos en 49 días mejorando el peso, la pigmentación de la piel y menos muertes. Esto nos confirma una vez más que la espirulina es un grandioso suplemento alimenticio en la dieta animal, por su contenido de micronutrientes, vitaminas, minerales y sobre todo su contenido alto de proteína, favoreciendo el desarrollo de los animales. (Mora, 2012)

4.3 Usos y aplicaciones de la espirulina

4.3.1 Espirulina en alimentos

Según (Párraga y Zambrano, 2014) Las concentraciones de licor de cacao y espirulina como potencializador proteico en la elaboración de chocolate en barra, los resultados que se obtuvieron, la espirulina como potencializador proteico en concentraciones de 1%, 2% y 3%; y licor de cacao en niveles del 40% y 50%, obteniendo como resultado que los rangos (50 % licor de cacao y 2% espirulina), sin embargo el nivel de proteína deseado en la barra de chocolate no aumentó pese a que se añadió espirulina, puesto que se desnaturalizó la proteína porque se encontraba deshidratada haciéndola menos estable en la operación de conchado y el cambio térmico. (Párraga Sabando & Zambrano Tapia, 2014)

Según (Larrea, 2013) el estudio de prefactibilidad para la elaboración de helado de aguacate enriquecido con espirulina para la empresa Sipia Snos S.A. En este trabajo de investigación se utilizó a la espirulina como un adicional nutritivo por su alto valor proteico y su valor nutricional, los resultados muestran que es factible tanto económicamente como nutricional implementar la espirulina como un adicional a la fabricación de helado puesto que aumenta el producto final y las ganancias son mejores, aparte que los clientes buscan productos con un valor agregado. (Larrea Romero, 2013)

Según (Rizzo y otros autores, 2015) investigaron sobre la Producción de ficobiliproteínas por Arthrospira platensis bajo diferentes condiciones de luz para su aplicación en productos alimenticios, se concluye la investigación que se verificó que la luz blanca promovía mayor biomasa producción que luz verde, la condición de 150 µmol fotons.m – 2.s – 1 bajo luz

blanca fue el que promovió la mayor tasa de crecimiento de A. platensis, lo que lleva a la mayor biomasa producción, no hubo diferencia estadísticamente significativa en la producción de proteína total, ficobiliproteínas totales y ficocianina en las condiciones estudiadas. Es probable que los suministros de nitrógeno promovido por el medio Zarrouk no hacen que la bacteria desvíe sus fuentes hacia el crecimiento o la producción de otros metabolitos proteicos. Finalmente, no hubo evidencia la ocurrencia de la adaptación cromática complementaria fenómeno en la cepa de A. platensis cultivada en verde ligero. Los resultados obtenidos mostraron que no existía evidencia de la presencia de ficoeritrina en esta biomasa de cianobacterias, y la luz verde no promovió un aumento de la ficocianina producción. Estos resultados demuestran el potencial de producción de pigmentos naturales para aplicación alimentaria. (Rizzo, y otros, 2015)

Según (Belay y otros autores, 1996) investigaron sobre la espirulina *(Arthrospira Platensis)* la aplicación potencial como complemento alimenticio para animales, concluyen que está claro que la alimentación suplementaria de espirulina o sus extractos ofrecen algunos beneficios para el pescado y las aves. Algunos de estos efectos, como una mayor tasa de crecimiento, color la mejora y la calidad general del tejido pueden ser nutricionales. Sin embargo, el hecho de que las tasas de crecimiento sean mejoradas incluso al 0.1% la suplementación con espirulina puede sugieren la presencia de sustancias que pueden limitar o estimular la producción de hormonas de crecimiento. Otras finalidades como inmunomoduladores, antivirales y anticancerígenos se provocan a niveles tan bajos concentraciones que sus resultados pueden deberse a factores distintos de los meramente nutricionales. Aunque hay evidencia muy fuerte que sugiere los efectos inmunomoduladores y antivirales de la espirulina y sus extractos en los organismos mencionados anteriormente, las sustancias activas que provocan estas respuestas no se han determinado de manera concluyente. Sin embargo, Hayashi et al. (1996) recientemente aisló un nuevo polisacárido sulfatado llamado espirulano cálcico que inhibía la replicación de varios virus envueltos, incluido el virus del herpes simple tipo 1, citomegalovirus humano, virus del sarampión, paperas virus, virus de la influenza A y VIH-1. (Amha, Toshimitsu, & Yoshimichi, 1996)

4.3.2 Espirulina en Alimento para animales

Según (Malau, 2012) investigo sobre la espirulina como complemento para el ganado y alimento para animales. Los resultados de la investigación han asociado la espirulina con mejoras en el crecimiento animal, la fertilidad, la calidad estética y nutricional del producto. La ingesta de espirulina también se ha relacionado con una mejora en la salud y el bienestar

de los animales. Su influencia sobre el desarrollo animal se deriva de su composición nutritiva y rica en proteínas, lo que conduce a una mayor producción comercial para satisfacer la demanda de los consumidores. En consecuencia, la espirulina está surgiendo como un medio rentable de mejorar la productividad animal para un futuro de seguridad alimentaria sostenible y viable. Sin embargo, nuestro conocimiento actual de la respuesta animal a la suplementación dietética con espirulina es relativamente escaso y en gran parte desconocido. Por lo tanto, el objetivo principal de este documento fue revisar sobre la utilización de la espirulina como suplemento alimenticio y su impacto en la productividad y la salud animal. Sólo se investigaron los animales considerados de importancia agrícola; por lo tanto, solo se cubren los rumiantes, las aves de corral, los cerdos y los conejos y sus respuestas a la suplementación dietética con espirulina. (Malau, 2012)

Según (Macias y otros autores, 2018) *Arthrospira platensis* filtrada como complemento alimenticio para camarones juveniles Litopenaeus vannamei: efectos sobre el crecimiento y el sistema inmunológico, las microalgas son una importante fuente de alimento durante las primeras etapas de los camarones marinos. Algunas microalgas, como Arthrospira platensis, son ricas en sustancias antioxidantes y también tienen la capacidad de eliminar compuestos tóxicos del agua en los sistemas de acuicultura. El ensayo consistió en dos tratamientos por triplicado, donde se evaluó la inclusión de microalgas filtradas A. platensis como complemento alimenticio durante la producción de juveniles de Litopenaeus vannamei. El diseño experimental se basó en un sistema estático con seis tanques de 250 L con agua de mar (30 PSU), sembraron 105 camarones (300 camarones m-2) con un peso promedio de 0,7 ± 0,2 g. Al final de la prueba de alimentación (42 días), se evaluaron los parámetros zootécnicos e inmunológicos de los camarones. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para ambos parámetros. Los camarones que recibieron suplementos de microalgas *A. platensis* mostraron un mayor crecimiento y una mejor respuesta del sistema inmunológico. Así, estos resultados permiten concluir que la suplementación con microalgas filtradas A. platensis mejora el crecimiento y los parámetros inmunológicos del camarón blanco L. vannamei. (Macias, y otros, 2018)

4.3.3 Espirulina en la agricultura

Según (Plaza y otros autores, 2018) investigaron sobre el Efecto de la aplicación foliar de hidrolizado de microalgas *(Arthrospira platensis y Scenedesmus sp.)* sobre el crecimiento de Petunia xhybrida, concluyendo que aumentó significativamente la altura de la planta, el número de hojas, la número de ramas, y el peso fresco y seco en la etapa de crecimiento

vegetativo y etapa de floración, especialmente tratadas con 5 g de extracto de algas, los resultados de este ensayo muestran que la aplicación foliar de *(scenedesmus y arthrospira)* aumentó el número de flores y flores frescas y materia seca por planta y peso seco de la raíz. La aplicación de microalgas favorece a la nutrición y ayuda a mejorar todas las reacciones fisiológicas que conducen a un buen crecimiento. En el presente estudio, la aplicación foliar de hidrolizados de *(arthrospira y scenedesmus)* mejoró la concentración foliar de P, K, Ca y Mg, que puede acelerar el desarrollo de la petunia en términos de tasas más altas de raíces crecimiento y precocidad de la floración. Los nutrientes presentes en los extractos de algas marinas son absorbidos fácilmente por las hojas a través de los poros hidrófilos de las cutículas y las estomas. Las respuestas de las plantas a los elementos suministrados mediante aspersiones foliares suelen ser más rápidas que al tratamiento del suelo. (Plaza, Gómez, Acién, & Jimenez, 2017- 2018)

4.3.4 Espirulina y la cosmetología

Según (Molina 2014) Investigó sobre la elaboración de una crema antienvejecimiento a base de extracto de espirulina *(arthrospire platensis)* cultivada en el valle de los chillos del DMQ. La presente investigación tiene como objetivo general la elaboración de una crema nutritiva destinada al cuidado de la piel envejecida con la utilización del principio bioactivo del extracto acuoso de la microalga espirulina mediante combinaciones adecuadas de sustancias que no tienen impacto negativo en la piel del paciente.

El uso de la espirulina en la formulación es muy importante por su gran concentración de aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, betacaroteno y otros antioxidantes, por lo tanto, poseen grandes propiedades tonificantes, hidratantes, suavizantes y nutritivas que combaten el envejecimiento celular y contrarresta con la mayor eficacia los radicales libres. (Molina Paéz, 2014)

CONCLUSIONES

- Se investigó bibliográficamente la composición de la espirulina, la misma que tiene un alto valor proteico y grandes beneficios para la salud en humanos y animales; y, se estableció que, esta alga es un suplemento para la dieta diaria, la cual aporta proteínas (50-70%), carbohidratos (15-20%), ácidos grasos (3-6.5%), minerales (7%) y pigmentos (6%) que favorecen a la salud de todos.

- Se identificó los niveles recomendables para humanos, siendo una dosis de 2-4 gramos por día, y hasta 10 gramos para prevenir enfermedades como el cáncer; y en animales, no existe una dosis definida, pero existen estudios que recomiendan 2 gramos diarios que favorecen a su salud y crecimiento.

- La espirulina se utiliza para la producción de suplementos alimenticios para humanos y animales, sin embargo, se puede destinar para la elaboración de otros tipos de productos en la industria de la cosmetología y farmacología.

RECOMENDACIONES

- La espirulina es un superalimento que favorece a la salud de los humanos y animales, por ello se recomienda desarrollar investigaciones con la finalidad de determinar beneficios específicos en personas con enfermedades catastróficas.

- Incentivar el consumo de esta microalga en la población del Ecuador; por lo que, debe considerarse la producción de alimentos novedosos, medicinas y otros productos de consumo masivo a nivel industrial a bajo costo para humanos y animales.

- Distribuir estos productos en zonas donde se evidencie altos índices de desnutrición infantil, procurando la innovación y el bienestar social.

REFERENCIAS

Aloyo, E. (2012). *Crecimiento poblacional y nivel proteico de Arthrospira jenneri "espirulina" en base a residuos de pescado.* Tesis para optar el título de Biólogo Pesquero , Universidad Nacional de Trujillo , Facultad Ciencias Biologas , Trujillo- Perú. Recuperado el 20º de Junio de 2020, de http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4745/Alayo%20Rodr%c3%adguez%2c%20Erika%20Julissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amha, B., Toshimitsu, K., & Yoshimichi, O. (15 de Octubre de 1996). Espirulina (Arthrospira): aplicación potencial como complemento alimenticio para animales. *Revista de psicología aplicada*, 303- 311. doi:https://doi.org/10.1007/BF02178573

Asero Farinango, L. N. (2014). *Obtención de la espirulina en polvo por secado al vacio para el enriquecimiento nutricional de los proudctos alimenticios.* Tesis, Universidad Central del Ecuador , Facultad de ingenierias quimicas , Quito . Recuperado el 04 de agosto de 2020, de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2880/1/T-UCE-0017-82.pdf

Bertolin, T., Pilatti, D., Vendrameto, A., Giacomini, V., Bavaresco, C., Colla, L., & Veira, J. (Septiembre-Octubre de 2009). Efecto de la microalga spirulina plantensis (Arthrospira platensis) sobre la lipoperoxidación del hipocampo y el perfil lipídico en ratas con hipercolesterolemia inducida. *Archivos Brasileños de Biología y Tecnología, 52*(05). doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132009000500024

Bezares, A., Arteaga, C., & Ávila, E. (2015). Valor pigmentante y nutritivo del alga espirulina en dietas para gallinas en postura. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 30-34. Recuperado el 02 de Julio de 2020, de https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2698/2262

Bohórquez Medina, S. (2017). *Efecto de la espirulina en el manejode las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad.* Tesis para optar por el grado de Magíster en Gestión de negocios de nutrición, Escuela de posgrado de la Universidad San Loyola, Lima - Perú. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2711/1/2017_Bohorquez_Efecto-de-la-espirulina.pdf

Carbajal, A., Sierra, J., López, L., & Ruperto, M. (16 de Marzo de 2020). Manual de Nutrición y Dietética. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 172-186. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/

Chamorro, G., Salazar, M., Gómez 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. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 52*(3). Recuperado el 01 de agosto de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300002

Cheevadhanarak, S., Paithoonrangsarid, K., & Prommeenate, P. (19 de Marzo de 2012). Borrador de la secuencia del genoma de Arthrospira platensis C1 (PCC9438). 43-63. Recuperado el 2020, de https://link.springer.com/article/10.4056/sigs.2525955#citeas

Cortés, F., Zúñiga, H., & Meza, D. (1976). Valor alimenticio del alga espirulina (spirulina geitleri) para rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42-46. Recuperado el 2020, de https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2679/2243

De La Jara Valido, A., Ruano, C., Martel, A., Almeida, C., & Gómez, J. (2018). Sobre los efectos del consumo de la cianobacteria. *Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología*, 24 - 31. Recuperado el 2020, de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/70712/2/Sobreefectosconsumo.pdf

Deng, R., & Chow, T. (2010). Actividades hipolipidémicas, antioxidantes y antiin fl amatorias de la espirulina de microalgas. *Terapéutica cardiovascular*, 37-41. Recuperado el 2020, de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1755-5922.2010.00200.x

Diaz, M. F., Cardenas Nieto, J. D., & Wagner, M. (Junio de 2010). Industrialización de la espirulina. *Revista Resiteia, 10*, 1-41. Recuperado el 2020, de https://www.researchgate.net/publication/259601864_Industrializacion_del_Alga_Spirulina

FAO. (2012). *fao.org.* Recuperado el 29 de Agosto de 2020, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf

Garcia, M. (2014). *Aminoácidos en Nutrición Animal.* Universidad Estatal Amazonica. Ambato: UTA. Recuperado el 27 de 08 de 200, de https://es.slideshare.net/micagarcia927/nutricion-38238116

Garrido, O., Limón, I., García, E., Anguiano, L., Barrientos, C., & Cevallos, G. (2017). Efecto Protector de Spirulina máxima en un modelo experimental de enfermedad de Parkinson inducido con MPP+. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 56-64. Recuperado el 2020, de https://www.siicsalud.com/saludiciencia/pdf/sic_186.pdf#page=32

Holman, B., Kashani, A., & Malau, A. (2012). Respuestas de crecimiento y conformación corporal de ovejas australianas genéticamente divergentes a la suplementación con Spirulina (Arthrospira platensis). *Revista estadounidense de agricultura experimental*, 160-173. Recuperado el 2020, de https://researchonline.jcu.edu.au/41046/1/Holman%20et%20al%202010%20American%20J%20Expt%20Agric%20Vol%202%20Issue%202%20pg160-173%20Growth%20body%20conf%20Spirulina.pdf

Huarachi, R., Yapo, U., & Dueñas, A. (Diciembre de 2014). Adaptabilidad de Spirulina (Arthrospira) platensis (Cyanophyta) en fotobiorreactor tubular cónico bajo condiciones ambientales. *Idesia (Arica), 33*(01), 103-112. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000100011

Janés Bort, A. (2019). *Proyecto de diseño de una planta para la producción de cianobacterias (arthospira platensis) en fotobiarreactores.* Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Exprimetales , Ingenieria Agroalimentaria y del medio rural . Castello de la Plana : Universitat Jaume. Recuperado el 2020 , de file:///C:/Users/javier/Downloads/TFG%20AJB.pdf

Larrea Romero, P. A. (2013). *Estudio de Prefactibilidad para la elaboración de helado de aguacate enriquecido con espirulina para la empresa sipia.* Tesis previo a la obtencion de titulo de Ingeniero en Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad Ciencias de Ingeniería Carrera de Ingeniería en Alimentos, Quito. Recuperado el 2020, de http://192.188.51.77/bitstream/123456789/5046/1/54350_1.pdf

Larrea, P. A. (2013). *Estudio de Prefactibilidad para la elaboración de helado de aguacate enriquecido con espirulina para la empresa sipia.* Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad Ciencias de Ingeniería Carrera de Ingeniería en Alimentos. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013. Recuperado el 2020, de http://192.188.51.77/bitstream/123456789/5046/1/54350_1.pdf

Macias, J., Holanda, M., Romano, L. A., Wasielesky, W., Tesser, M., & Poersch, L. (14 de Diciembre de 2018). Arthrospira platensis filtrada como complemento alimenticio para camarones juveniles Litopenaeus vannamei: efectos sobre el crecimiento y el sistema inmunológico. *Boletim Instituto de pesca, 43*(04), 593- 604. Recuperado el 2020, de https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/1250

Malau, A. (Agosto de 2012). Espirulina como complemento para el ganado y alimento para animales. *Revista de Psicología Animal y Nutrición Animal*, 09 . doi:10.1111/j.1439-0396.2012.01328.x

Mendoza Pariaza, K. S. (2017). *"muffins de chocolate con relleno de mermelada de kiwi enriquecida con spirulina (arthrospira platensis)".* Tesis previo a la obtención de Ingeniero Pesquero , Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa , Facultad de ciecias Biológicas , Arequipa-Perú. Recuperado el 2020 , de file:///C:/Users/javier/Downloads/Ipmepaks.pdf

Molina Paéz, A. M. (2014). *Elaboración de una crema antienvejecimiento a base de extracto de espirulina (arthrospire plantensis) cultivada en el Valle de los Chillos del DMQ.* Tesis previo a la obteción de título universitario, Universidad Iberoamericana del Ecuador, Escuela de Cosmiatría, Terapias Holisticas e Imagen Integral, Quito . Recuperado el 2020, de http://repositorio.unibe.edu.ec/bitstream/handle/123456789/43/MOLINA%20PAEZ%20ALEXANDRA%20MARGARITA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mora, C. (2012). *Evaluación de spirulina en la alimentación de pollos broiler en la ponderosa km 7 ½ de la parroquia Puerto Limón de la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas.* Universidad Técnica de Cotopáxi. Latacunga: Lactacunga UTC. Recuperado el 2020, de http://181.112.224.103/handle/27000/820

Párraga Sabando, E. M., & Zambrano Tapia, M. d. (Julio de 2014). Concentraciones de licor de cacao y espirulina (Spirulina platensis) como potencializador proteico en la elaboración de chocolate en barra. *Repositorio Digital, ESPAMMFL*. Recuperado el 2020, de http://190.15.136.145/handle/42000/429

Perez, L., Macias, C., Torres, I., Socarras, B., Suárez, V., & Sánchez, M. (Mayo-Agosto de 2002). Efecto in vitro de la espirulina sobre la respuesta inmune. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia, 18*(02). Recuperado el 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-02892002000200006&script=sci_arttext&tlng=en

Plaza Gordo, I. (2018). *Efecto de la Arthorspira Platensis sobre el comportamiento y flora intestinal de Oreochromis Niloticus.* Tesis , Universidad Politécnica de Madrid , Facultad de agronomía, alimentaria y de biosistemas , Madrid . Recuperado el 2020, de http://oa.upm.es/53162/1/IGNACIO_PLAZA_GORDO.pdf

Plaza, B. M., Gómez, C., Acién, F., & Jimenez, S. (Noviembre- febrero de 2017- 2018). Efecto de la aplicación foliar de hidrolizado de microalgas (Arthrospira. *Revista de psicología aplicada*. doi:https://doi.org/10.1007/s10811-018-1427-0

Ponce López, E. (Enero- Abril de 2013). Superalimento para un mundo en crisis: Spirulina a bajo costo. *Idesia (Arica), 31*(01), 135-139. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000100016

Ramirez Moreno, L., & Olvera Ramirez, R. (Septiembre de 2006). Uso tradicional de la Spirulina sp. (Arthrospira sp.). *Asociación Interciencia de Venezuela, 31*(09), 657-663. Recuperado el 2020, de https://www.redalyc.org/pdf/339/33912009.pdf

Ribas, A., & Oliveira, M. (2020). *AGROBIOLOGÍA: Una visión general y sus aplicaciones.* Santa María, Brasil : Mérida Publishers. Obtenido de https://www.meridapublishers.com/wp-content/uploads/2020/06/AGROBIOLOGIA-CAP5.pdf

Rizzo, R., Corrêia dos Santos, B., Fernandes, G., Souza, T., Nascimiento, M., Guerra, H., . . . Gómez, K. (abril-junio de 2015). Producción de ficobiliproteínas por Arthrospira platensis bajo diferentes condiciones de luz para su aplicación en productos alimenticios. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 35*(02). doi:http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6463

Rojas, E., Ávila, M., & Parada, G. (2012). Aplicación de estrategias nutricionales y su efecto en el crecimiento en el cultivo continuo de Spirulina (Arthrospira platensis). *Revista latinoamericana de investigaciones acuáticas, 40*, 763-771. doi:http://dx.doi.org/103856/vol40-issue3-fulltext-23

Romero Maza, L., Guevara, M., & Bernal, J. F. (13 de Noviembre de 2018). Crecimiento y pigmentos de Spirulina subsalsa cultivada a diferentes salinidades y concentra-ciones de nitrógeno. *Mutis, 08*(02), 25-36. doi:https://doi.org/10.21789/22561498.1402Fecha de recepción: 17 de octubre del 2018Fecha de aceptación: 13 de noviembre del 2018RESUMEN El objetivo de la presente investigación fue evaluar el crecimiento y el contenido de pigmentos de un nue

Schmitz, R., Dal Magro, C., & Colla, L. M. (2012). Aplicaciones Ambientales de Microalgas. *Revista CIATEC – UPF, 04*(01), 48-60. Recuperado el 2020, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57006955/ARTIGO_2.pdf?1531750148=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAPLICACOES_AMBIENTAIS_DE_MICROALGAS_ENVI.pdf&Expires=1598893151&Signature=Scoov7uV7ATeFk2Lu-gA8kbYw-QH5gD-Q9HCc6bsIDs7fM4wWh1k0xdblH8

Sera Blanco, R. A., & García Díaz, M. (2017). La incrreible Espirulina. *Revista de ciencias medica de Mayabeque, 24*(01). Recuperado el 2020, de http://www.medimay.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1045/1451

Tarazona Díaz, M. P. (2015). *La Espirulina una Oportunidad Como Alimento Funcional.* Tesis previos a la obtención del Título de Ingiero en Alimentos , Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería, Bogotá. Recuperado el 2020, de https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8816/10439.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vanegas, J., & Hernández, H. (2018). *Potencial biotecnológico de las microalgas zonas áridas.* La Guajira, Colombia . Recuperado el 2020, de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5697/1/potencial_biotecnologico_microalgas.pdf

Vasconez, M. (2012). *Diseño de un producto energético a bas de avena, harina de quinua, harina de soya y espirulina.* Tesis, Universidad de las Americas , Facultad de ingenieria y ciencias

pecuarias , Quito . Recuperado el 2020, de http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/730/1/UDLA-EC-TIAG-2012-12.pdf

Vitón, D. E., & 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, 23*(01), 12. Recuperado el 2020, de http://www.iip.co.cu/RCPP/231/231_01DEViton.pdf