

Efecto del consumo del alga espirulina (*Arthrospira platensis*) sobre marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad

Effect of spirulina (*Arthrospira platensis*) consumption in patients with obesity

Noemí Martínez Rendón ^a, Angel S. López Riveroll ^b, José A. Ariza Ortega ^c

Abstract:

Spirulina algae (*arthrospira platensis*) is a microalgae with blue-green pigments, which belongs to the cyanobacteria phylum. It is considered a highly nutritious food due to its content of macro and micronutrients, which confer benefits on overweight and obese patients, which favor weight loss, appetite and lipid profile, however, its consumption is not common. Therefore, the objective of the present study was to analyze information about the effect of spirulina algae consumption on markers and biomarkers of overweight and obesity. This work was a documentary research, a bibliographic search was carried out in various electronic databases. As a result of this research, based on 5 articles, it was shown that the consumption of 500 mg of spirulina algae for 12 weeks, in humans, has beneficial effects on values that indicate overweight and obesity, such as BMI ($p<0.01$), body fat ($p=0.049$), appetite ($p<0.001$), concluding that spirulina algae exerts a beneficial effect on the health of overweight or obese patients, reducing the chances of suffering from comorbidities associated with said disease, however It is necessary to continue researching the recommended dosage of this compound.

Keywords:

Overweight, obesity, free radicals, antioxidants, spirulina algae

Resumen:

El alga espirulina (*arthrospira platensis*) es una microalga de pigmentos azul-verde, la cual pertenece al filo cianobacterias, es considerada un alimento altamente nutritivo, por su contenido de macro y micronutrientes, que confieren beneficios en pacientes con sobrepeso y obesidad, los cuales favorecen la pérdida de peso, el apetito y el perfil lipídico, sin embargo, su consumo no es habitual. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar información acerca del efecto del consumo del alga espirulina sobre marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad. Este trabajo fue una investigación de tipo documental, se realizó una búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos electrónicas. Como resultado de esta investigación, a partir de 5 artículos, se demostró que el consumo de 500 mg de alga espirulina durante 12 semanas, en humanos, tiene efectos benéficos sobre valores que indican sobrepeso y obesidad, como IMC ($p<0,01$), grasa corporal ($p=0,049$), apetito ($p<0,001$), concluyendo que, el alga espirulina ejerce un efecto benéfico en la salud de los pacientes con sobrepeso u obesidad, disminuyendo las posibilidades de padecer comorbilidades asociadas a dicha enfermedad, sin embargo es necesario continuar la investigación de la dosis recomendada de este compuesto.

Palabras Clave:

Sobrepeso, obesidad, radicales libres, antioxidantes, alga espirulina

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias de la Salud | San Agustín Tlaxiaca-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9047-2324>, Email: ma354705@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias de la Salud | San Agustín Tlaxiaca-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-8181-9901>, Email: lo419907@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias de la Salud | San Agustín Tlaxiaca-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, Email: jose_ariza@uaeh.edu.mx

Introducción

La obesidad y el sobrepeso, son definidos por la Organización Mundial de la Salud como, la acumulación excesiva de grasa corporal, que puede ser perjudicial para la salud (OMS, 2023), originándose por un desequilibrio entre el gasto energético total y la energía consumida, a través de alimentos, esto condicionado por una etiología multifactorial que abarca desde lo físico, biológico y psicológico (Gómez-Pérez y Ortíz, 2019).

El factor físico determinante de la obesidad, se atribuye a los distintos niveles de sedentarismo y la calidad de la dieta consumida, así como la urbanización e industrialización, de esta manera, los individuos se van predisponiendo a la obesidad con el paso del tiempo y el establecimiento de malos hábitos, provocando un aumento en la expresión de genes responsables de este padecimiento (Regal et al., 2018), sin embargo, además de esta causa, existen reacciones químicas, que favorecen el aumento de grasa corporal, una de ellas, es el aumento de cortisol, el cual, es generado a través de estímulos, uno de ellos son los estresores psicológicos, originados a partir de situaciones a las que una persona se puede exponer de manera cotidiana, como, los entornos educativos y sociales, ambiente familiar, situación económica, estigma de obesidad, etc. (Gómez-Pérez y Ortíz, 2019)

Estos estresores actúan directamente en la activación del eje hipotálamico-hipofisario-adrenal (HHA) mismo que responde automáticamente a los estresores psicológicos y físicos anteriormente mencionados, lo cual, resulta en un aumento de los niveles de cortisol, que está asociado con aumento en la ganancia de masa grasa (Gómez-Pérez y Ortíz, 2019).

Esta ganancia de peso, además, de estar relacionada directamente con el aumento, en los niveles de cortisol, tiene una estrecha relación, con el tipo de respuesta que los individuos tienen ante estresores, dependiendo, de las herramientas de inteligencia emocional y resiliencia que cada individuo ha desarrollado a lo largo de su vida, una de estas respuestas y la que mayor relevancia tiene en el tema de estudio, es el aumento del consumo de alimentos con baja calidad nutricional, que aportan satisfacción inmediata, es decir, aquellos que contienen alto contenido de azúcares simples y grasas saturadas (Gómez-Pérez y Ortíz, 2019), provocando a su vez, una disminución en la ingesta de aquellos alimentos de alta calidad que aportan gran variedad de nutrientes, los cuales cumplen una función benéfica, dentro del metabolismo del cuerpo.

Esta disminución en la calidad de los alimentos de la dieta, disminuye el consumo de compuestos bioactivos, provocando un desequilibrio oxidante-oxidativo en el cuerpo (estrés oxidativo), el cual se define como aquella situación en la que la producción predominante de

radicales libres, mediante la generación del anión superóxido (Figura 1), generados de manera endógena y/o exógena, supera la capacidad antioxidante del cuerpo, causando deterioro a estructuras celulares de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos por su alta reactividad (Guija-Guerra y Guija-Poma, 2023).

Este aumento del estrés oxidativo, puede ser favorecido por la obesidad y el sobrepeso y para su determinación principalmente se emplean marcadores y biomarcadores que son aquellas medidas que permiten realizar una evaluación del estado de salud del sujeto. En obesidad, los marcadores utilizados son: el índice de masa corporal (IMC), el índice cintura/talla (ICT) y el perímetro abdominal (PA), los cuales permiten determinar el porcentaje aproximado de grasa corporal (Quintanilla et al., 2017); considerando a la obesidad como un proceso inflamatorio, los biomarcadores principales son: proteína C reactiva (PCR), interleucina-6 (IL-6) y factor de necrosis tumoral (TNF) (Granda y Cevallos, 2023). Determinando el estado oxidativo del cuerpo, como reportaron Naomi et al. (2023), una mayor cantidad de grasa almacenada en los adipocitos induce la formación de especies reactivas de oxígeno ya que un consumo de una dieta alta en grasas produce un desbalance en la regulación de la oxidación de los ácidos grasos y la peroxidación lipídica, en conjunto con una defensa antioxidante disminuida, a consecuencia de la mala calidad dietética (Naomi et al., 2023), así mismo existen más factores responsables de la producción de radicales libres, como los endógenos y exógenos los cuales hacen referencia a aquellos que se generan dentro y fuera del organismo respectivamente (Gutiérrez-Ramos et al., 2021).

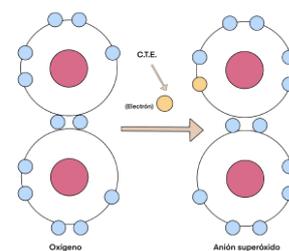


Figura 1. Generación del anión superóxido. (C. T. E.: cadena transportadora de electrones).

Nota. Adaptado de "Radicales libres y sistema antioxidante", por H. Guija-Guerra y E. Guija-Poma, 2023, *Horizonte Médico*, 23(2).

Por lo tanto, una estrategia para hacer frente a las alteraciones causadas por el estrés oxidativo y las comorbilidades de la obesidad es promover una dietoterapia rica en nutrientes y antioxidantes, sin embargo, en algunos casos, estos requerimientos no pueden ser cumplidos en su totalidad a través de la ingesta de alimentos, es por ello, que se requiere la suplementación de un componente bioactivo que ayude a cumplir estos

requerimientos para mantener el equilibrio oxidante-oxidativo y que además proporcione beneficios a la disminución de depósitos de grasa, uno de ellos es el alga espirulina. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar la información teórica acerca del efecto del consumo del alga espirulina sobre marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad.

Espirulina

El alga espirulina (*Spirulina platensis*) (Figura 2), es una microalga de pigmentos azul-verde (gracias a su contenido de pigmentos provenientes de los carotenoides, xantofila, ficocianina y clorofila), la cual pertenece al filo cianobacterias (Jung y Krüger-Genge, 2019). Su nombre se le atribuye a su morfología, la cual consiste en filamentos cilíndricos en una hélice dirigida hacia el lado izquierdo (Jung y Krüger-Genge, 2019).



Figura 2. Alga espirulina

Nota. Adaptado de *Alga Spirulina* [Fotografía], de K. A. Gómez, 2020, Universitat Politècnica De València.

Debido a su composición nutricional, la clasifican como un alimento altamente nutritivo por su aporte de macro y micronutrientes (Rodríguez, 2021), los cuales se describen a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Contenido nutricional del alga espirulina.

Nutriente	Porcentaje
Proteína	55 a 70 ¹
Carbohidratos	15 a 25 ¹
Lípidos	6 a 8 ¹
Vitaminas	0,75 ¹
Minerales	7 a 12 ¹
Fibra dietética	8 a 10 ²

Nota. ¹Rodríguez (2021, p. 6-7). ²Jung y Krüger-Genge (2019, p. 45).

Proteínas

Las proteínas son uno de los tres macronutrientes, están compuestas por aminoácidos y son esenciales para la vida, ya que desempeñan funciones importantes en el cuerpo como construir y reparar tejidos (Alberts *et al.*, 2022). El contenido proteico del alga espirulina representa la mayor composición de esta, ya que constituye entre el 55% y el 70% del peso total, así mismo, contiene todos los aminoácidos esenciales y algunos no esenciales superando los contenidos de otras proteínas vegetales, sin embargo, se ha indicado que la proteína de origen vegetal no se absorbe en su totalidad, debido a que sus estructuras físicas exteriores están formadas por gránulos, lo cual, limita la acción de las enzimas digestivas para poder romper estas estructuras y favorecer la liberación de aminoácidos (Quesada y Gómez, 2019), en comparación con las proteínas de origen animal (Jung y Krüger-Genge, 2019), este contenido proteico, ayuda a disminuir el impacto al apetito de la hormona ghrelina y además, colabora en el suministro de proteínas al músculo (Malpartida *et al.*, 2022).

Carbohidratos

Los carbohidratos, o hidratos de carbono, están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, se dividen en simples y complejos, los primeros, al ser consumidos se metabolizan a glucosa, que es la principal fuente de energía para las células, los tejidos y los órganos (Latham, 2002), mientras que los complejos (fibra), por su enlace β , no son degradados por las enzimas, solo en pequeñas cantidades en el intestino por la microbiota, donde se forman ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), estos tipos de carbohidratos predominan en el alga, como ficocoloides, 40%; estos se presentan en forma de gomas: alginatos 18-26%, fucoidanos 0,5-2% y manitol 6-22% (Hernández y Orlandis, 2021), también, contienen mucílagos, los cuales son un tipo de fibra soluble que tienen características viscosas y espesas que aumentan al contacto con el agua (Villa-Uvidia *et al.*, 2020), lo que provoca que se gelifique y favorezcan la saciedad, lo cual permite, que el consumidor tenga un mejor control de su apetito (Malpartida *et al.*, 2022).

Lípidos

Los lípidos, son moléculas esenciales para el ser humano, se caracterizan en su mayoría por ser insolubles en agua; una de sus principales funciones es almacenar energía química y constituir los principales componentes estructurales de las membranas biológicas. Los lípidos tienen varias clasificaciones, una de ellas es el grupo de ácidos grasos de cadena corta, mediana, larga y muy larga (Villa-Uvidia *et al.*, 2020). El contenido de ácidos grasos dentro del alga espirulina, son en su mayoría ácidos grasos de cadena larga o poliinsaturados (por sus siglas en inglés "PUFAs"), presentando un gran aporte de ϕ -linoleico, α -linolénico y linoleico (36% del total de PUFAs), ácido estearidónico (SDA), araquidónico (AA), y de cadena muy larga los eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), estos

ácidos grasos, representan del 1% al 2% del contenido total lipídico, que va de 6% a 8% (Bohorquez *et al.*, 2021). Este contenido lipídico tiene un efecto reductor en la hormona ghrelina, la cual, es responsable de regular el apetito, así mismo, reduce los niveles de colesterol y aumenta las lipoproteínas de alta densidad (HDL) gracias a la activación del receptor activado por proliferadores de peroxisomas alfa (PPAR- α), mejorando el perfil lipídico de quien la consume (Malpartida *et al.*, 2022).

Vitaminas

Las vitaminas son sustancias esenciales que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para digerir, absorber y utilizar otros nutrientes, se dividen en hidrosolubles y liposolubles (Cockell, 2017). En el alga espirulina, se encuentran, vitaminas hidrosolubles (Rodríguez, 2021), como la tiamina (B1), riboflavina (B2), nicotinamida (B3), piridoxina (B6), ácido fólico (B9), cianocobalamina (B12), ácido ascórbico (vitamina C), y de las vitaminas liposolubles solo, colecalfiferol (vitamina D) y tocoferol (vitamina E) (Tabla 2) (Jung y Krüger-Genge, 2019), que de acuerdo a su estructura química, de anillo benceno y dobles enlaces, inhiben a los radicales libres. El consumo de estas vitaminas, tiene una relación directa con la prevención de enfermedades crónicas metabólicas, como la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, aterosclerosis y la obesidad, además de su efecto antioxidante (Guija-Guerra y Guija-Poma, 2023).

Tabla 2. Contenido vitamínico del alga espirulina por 10 gramos.

Vitamina	Contenido
Vitamina A (*UI)	23000
β -carotenos (*mg)	14
Vitamina C (mg)	0,8
Vitamina D (UI)	1200
Vitamina E (mg)	1,0
Vitamina k (* μ g)	200
Biotina (μ g)	0,5
Inositol (mg)	6,4
Vitamina B1 (mg)	0,35
Vitamina B2 (mg)	0,40
Vitamina B3 (mg)	1,4
Vitamina B5 (μ g)	10,0
Vitamina B6 (μ g)	60

Vitamina B12 (μ g)	20,0
Ácido fólico (μ g)	1,0

*UI: unidades internacionales, mg: miligramos, μ g: microgramos

Nota. Jung y Krüger-Genge (2019).

Minerales

Los minerales son sustancias inorgánicas que provienen de plantas o animales y el cuerpo los necesita para su adecuado funcionamiento (Cockell, 2017). El alga contiene minerales (Jung y Krüger-Genge, 2019), que permiten mantener el correcto funcionamiento de los tejidos, células y órganos, al ser parte de la activación de enzimas y coenzimas (Tabla 3) (Department of Agriculture and Consumer Services DACS, 2023).

Tabla 3. Contenido mineral del alga espirulina por 10 gramos.

Mineral	Contenido
Calcio (*mg)	70
Hierro (mg)	15
Fósforo (mg)	60
Yodo (* μ g)	55
Magnesio (mg)	40
Zinc (μ g)	0,3
Selenio (μ g)	10
Cobre (μ g)	120
Manganeso (mg)	0,5
Cromo (μ g)	25
Sodio (mg)	90
Potasio (mg)	140

*mg: miligramos, μ g: microgramos

Nota. Jung y Krüger-Genge (2019).

Pigmentos

Los pigmentos son sustancias que dan color al absorber la luz, se encuentran en las plantas, frutas y verduras (Junior y Melo, 2019). El color característico del alga espirulina se atribuye a su alto contenido del espectro de pigmentos naturales, como el pigmento azul proporcionado por la ficocianina (Figura 3) (14%), el pigmento verde por parte de la clorofila (Figura 4) (1%) y aquellos de la gama cálida,

como naranjas, rojos y amarillos provenientes de carotenoides (0,5%) (Jung y Krüger-Genge, 2019), gracias a estos, es que se puede respaldar la actividad antioxidante de la espirulina (Rodríguez, 2021).

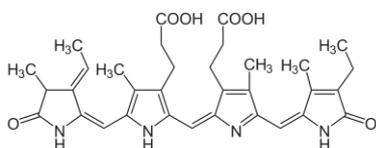


Figura 3. Estructura química de la ficocianina, realizada con Chem 3D versión 17.0.0.206 (Perkin Elmer Informatics, Inc. 1998 – 2017).

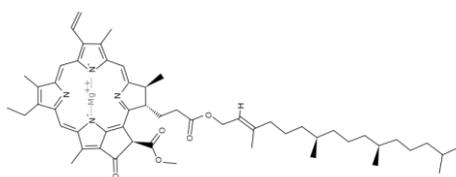


Figura 4. Estructura química de la clorofila, realizada con Chem 3D versión 17.0.0.206 (Perkin Elmer Informatics, Inc. 1998 – 2017).

El contenido nutricional del alga espirulina depende de la región geográfica y el tipo de producción (Rodríguez, 2021), todos los componentes activos dentro de esta, tienen una alta biodisponibilidad, lo cual permite que tengan un mejor rendimiento dentro del organismo (digestibilidad del 86%), con un menor resultado de pérdidas (Jung y Krüger-Genge, 2019), además, es importante mencionar que su consumo para el ser humano se autorizó por la Food and Drug Administration (FDA) en el año de 1981 (Rodríguez, 2021), clasificándolo como un superalimento.

En temas de obesidad, el alga espirulina puede aportar beneficios a aquellos sujetos que se encuentren en una dietoterapia para la pérdida de peso, ya que, si esta no se lleva a cabo de manera adecuada, existe el riesgo de que los individuos experimentan deficiencias en proteínas, vitaminas y minerales, por lo tanto, el consumo de la espirulina como un suplemento podría satisfacer estas necesidades y fortalecer el organismo, sin aportar muchas calorías (3 g contienen 11,28 kcal), además, favorece esta pérdida de peso mediante la reducción de macrófagos en la grasa visceral por invasión, así mismo, previene la acumulación excesiva de grasa hepática, mejora la sensibilidad a la insulina y disminuye la hiperinsulinemia, lo que a su vez, tiene un efecto reductor en el apetito debido al contenido de mucílagos que es un polisacárido del alga (carragenina), que tiene la capacidad de gelificar dentro del estómago, gracias a la absorción de agua, por lo tanto, al

establecerse en el tracto digestivo promueven una menor ingesta de alimentos favoreciendo un mayor apego a la dieta (Hernández y Orlandis, 2021).

Los autores Hernández y Orlandis (2021), mencionan que, gracias al contenido de ficocianina en el alga se pueden expulsar cantidades considerables de colesterol y ácidos biliares por excreción fecal, esto debido a que se favorece una disminución en la absorción de grasas en el intestino, así mismo, la ficocianina, la niacina y el glucolípidio H-b12, tienen efectos parecidos que se centran en la reducción de los niveles de triglicéridos posprandiales, lo cual daría beneficios a corto y largo plazo, disminuyendo la probabilidad de padecer alguna dislipidemia, una de las comorbilidades más fuertes que acompañan a la presencia de la obesidad. Se ha observado que el consumo de la espirulina, aporta beneficios significativos, como reducción en los marcadores y biomarcadores (Bohorquez *et al.*, 2021).

Metodología

El presente trabajo, fue un diseño de revisión descriptiva donde se realizó una búsqueda de artículos relacionados con la descripción de los efectos en los marcadores y biomarcadores del consumo de alga espirulina en aquellos pacientes que presentan sobrepeso u obesidad. La fase de búsqueda se centró en artículos, recuperables en la plataforma PubMed, ScienceDirect, Scielo y la biblioteca digital de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), mediante, el uso de palabras clave como “Sobrepeso y obesidad”, “Estrés oxidativo”, “Marcadores y biomarcadores” y “Alga espirulina”. Se consideraron, los siguientes criterios para la selección de artículos: estudios indexados publicados en el periodo de 2017 hasta el 2023, artículos publicados en inglés y/o español y estudios realizados en humanos y animales, que presentaban datos originales sobre el efecto del alga espirulina sobre marcadores y biomarcadores, asociados al sobrepeso y obesidad. Una de las limitaciones más importantes fue la poca disponibilidad de estudios en humanos.

Resultados

Se encontraron 5 artículos (2 en animales y 3 en humanos), los cuales arrojaron resultados en sujetos de diferentes edades con sobrepeso y obesidad (Tabla 4).

Todos los estudios presentes en esta revisión evaluaron el efecto de la suplementación con alga espirulina en la salud.

Tabla 4. Alga espirulina y su efecto sobre los marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad.

Grupo de intervención	Dieta y dosis suplementada	Tiempo de intervención	Resultados	Referencia
10 ratas Wistar hembras adultas.	5,8 mg, dieta ad libitum.	8 semanas.	En los marcadores y biomarcadores no hubo un cambio significativo.	Guillen <i>et al.</i> , 2020.
42 sujetos con sobrepeso y obesidad (>25 kg/m ²).	4 tabletas diarias de 500 mg con dieta hipocalórica.	12 semanas.	Hubo cambios significativos, en la reducción de los marcadores, cintura, grasa corporal e IMC y en biomarcadores, nivel de triglicéridos y proteína C-reactiva.	Yousefi <i>et al.</i> , 2018.
64 personas con sobrepeso y obesidad entre 20 y 50 años.	500 mg/día, no se especificó dieta.	12 semanas.	Disminuyó el biomarcador colesterol total sérico y el marcador de peso.	Zeinalian, <i>et al.</i> , 2017.
52 sujetos hombres con sobrepeso y obesidad (IMC >25 kg/m ²)	4,5 g/día, no se especificó dieta.	6 semanas.	Disminución en el peso corporal y porcentaje de grasa.	Hernandez-Lepe <i>et al.</i> , 2019.
24 ratas Wistar machos de 2 meses de edad.	25 mg/kg/día con dieta hipercalórica.	8 semanas.	Disminución en el marcador de peso.	Diniz <i>et al.</i> , 2021.

Discusión

La dieta es importante para regular los marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad, como se demostró en un estudio realizado en 2 grupos de ratas Wistar (el grupo experimental "GE" y el grupo control "GC"), en el cual, el alga espirulina generó un aumento sobre las siguientes variables del GE, peso corporal del 9,65% (15,5 g), glucosa del 44,4% (90 hasta 130 mg/dL), colesterol del 37,5% (160 hasta 220 mg/dL) y triglicéridos del 51,21% (123 hasta 186 mg/dL), mediante una dosis de 5,8 mg de alga espirulina y alimento a libre demanda (dieta *ad libitum*), durante 8 semanas (Guillen *et al.*, 2020).

Este aumento se debió a una falta de control y acceso a la dieta, ya que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (2001), la composición bromatológica, requerida para un alimento de roedores de laboratorio, en específico para rata, se encuentran los siguientes parámetros, proteína cruda de 12% a 24%, grasa cruda de 4% a 11%, fibra cruda de 3% a 6%, ceniza de 6% a 8%, consumo diario de alimento 10 g a 20 g, consumo diario de agua de 20 mL a 45 mL, no cumpliendo con estos parámetros, causando un desequilibrio energético y aumentando el consumo de kcal, ya que de acuerdo a un alga comercial, 3 g equivalen a 11,28 kcal (Birdman, 2023), por lo tanto, el control de la dieta, es necesario para mantener las variables antropométricas y bioquímicas, dentro de los parámetros establecidos, como saludable, ya que la composición química, por 100 g, del

alga espirulina (Tabla 1), proporciona un contenido de proteínas (55% a 70%), que proporciona todos los aminoácidos esenciales, que participan en el suministro de proteína al músculo, hidratos de carbono (15% a 25%), como ficocoloides, alginatos, fucoidanos, manitol, además de mucilagos que favorecen la saciedad, lípidos (6% a 8%) en forma de ácidos grasos de cadena larga y de cadena muy larga, los cuales ayudan a reducir niveles de colesterol y a aumentar niveles de HDL, vitaminas hidrosolubles y liposolubles (0,75%) y minerales (7% a 12%) que participan en la activación de enzimas y coenzimas, todos estos compuestos con una alta biodisponibilidad (Jung y Krüger-Genge, 2019; Malpartida, *et al.*, 2022).

Por otro lado, Yousefi *et al.* (2018), realizaron una intervención con 52 personas con sobrepeso y obesidad (25 kg/m² ≤ IMC <40 kg/m²), divididas en dos grupos, suplementado y control. El alga espirulina en el grupo suplementado generó una disminución sobre las siguientes variables antropométricas, peso corporal del 3,70% (86,85 kg hasta 83,63 kg) (p<0,001), circunferencia de cintura del 3,26% (103,16 cm hasta 99,79 cm) (p=0,049), grasa corporal del 6,97% (32,73 kg hasta 30,45 kg) (p=0,049) e IMC del 5,57% (32,67 kg/m² hasta 30,85 kg/m²) (p<0,01), así mismo, se reportaron disminuciones sobre los niveles bioquímicos, triglicéridos del 14,54% (110 mg/dL hasta 94 mg/dL) (p=0,03) y apetito del 7,84% (15,42 hasta 14,21) (p<0,001), mediante una dosis de 500 mg de alga espirulina, comprimida en tabletas junto con una dieta

restrictiva en calorías y al segundo grupo, tabletas de placebo, ambos con una duración de 12 semanas.

Estos efectos se atribuyen al mecanismo de reducción en la infiltración de macrófagos en la grasa intraabdominal, reduciendo así, una acumulación excesiva de grasa en el hígado, así mismo, el aporte de fenilalanina proveniente del alga puede fomentar la liberación de colecistoquinina (CCK), la cual, es una hormona liberada a través de la mucosa intestinal, ante la primera señal de nutrientes (Enrique-Relling, *et al.*, 2011), esta hormona actúa inhibiendo la ghrelina, la cual se encarga de enviar señales al sistema nervioso central para aumentar el consumo de alimentos, así mismo, la CCK, favorece la liberación del péptido YY (PYY), que regula la sensación de saciedad que varía por la cantidad de calorías ingeridas, sin embargo, también se ve influenciado por la composición nutricional de los alimentos consumidos, aumentando mayormente su liberación con el consumo de grasas (de las cuales el alga espirulina es una fuente amplia), en comparación con los hidratos de carbono y las proteínas (Basain *et al.*, 2017), por lo tanto, si la ghrelina se ve inhibida y el PYY estimulado, el resultado es una menor ingesta calórica y menor apetito, favoreciendo la disminución de los marcadores y biomarcadores, sugiriendo así, que el alga espirulina puede ser utilizada como complemento a la dieta.

Así mismo, en un ensayo aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo (Zeinalian *et al.*, 2017), se incluyeron 64 personas con sobrepeso y obesidad, entre 20 años y 50 años, dividiéndolos en dos grupos, de intervención (GI) y placebo (GP), el consumo de alga espirulina en el GI, generó una reducción sobre las siguientes variables bioquímicas, colesterol total sérico del 5,44% (190,48 mg/dL a 180,10 mg/dL) ($p < 0,05$), apetito del 4,25% (211,03 a 202,06) ($p = 0,008$), así mismo, las siguientes reducciones fueron observadas sobre los niveles antropométricos, perímetro de cintura del 1,40% (98,89 cm a 97,50 cm), peso corporal del 2,12% (89,92 kg a 88,01 kg) ($p < 0,05$) e IMC del 1,91% (33,35 kg/m² a 32,71 kg/m²), mediante una dosis de 500 mg al día, durante 12 semanas, así mismo, el GP recibió pastillas de almidón. Estas reducciones sobre los biomarcadores se atribuyen a la ficocianina (735 mg por 100 g) (Birdman, 2023), presente en el alga espirulina, ya que esta, según Hernández y Orlandis (2021), disminuye la absorción de grasas en el intestino, permitiendo que a través de la excreción fecal, se puedan eliminar cantidades considerables de colesterol como sucedió con el GI en este estudio. Así mismo, la reducción sobre los marcadores antropométricos del GI, se atribuyen a la relación que existe entre apetito e ingesta diaria, ante menor apetito, las personas consumieron menos calorías en su ingesta diaria, la disminución del apetito puede explicarse debido a las proteínas e hidratos de carbono presentes en el alga (Tabla 1), respecto al contenido proteico (55% a 70%), este pueden fomentar la saciedad temprana, además de que tiene un efecto

reductor del impacto de la hormona ghrelina, por medio de la fenilalanina y referente a los hidratos de carbono (15% a 25%), estos confieren el beneficio de que aportan mucílagos a la dieta, los cuales, al entrar en contacto con el agua, tienen la capacidad de gelificar, en este caso, dentro del tracto digestivo, favoreciendo una menor ingesta de alimentos (Hernández y Orlandis, 2021).

Por otro lado, Hernández-Lepe *et al.* (2019), realizaron un ensayo aleatorio, doble ciego, controlado y cruzado, los sujetos participantes fueron 27 hombres sedentarios con sobrepeso y 25 hombres con obesidad, divididos en cuatro grupos, en los dos grupos suplementados con alga espirulina, (Espirulina y ejercicio "EE" y Espirulina sin ejercicio "ES"), esta generó una reducción sobre los niveles antropométricos, peso corporal del 2,2% (2 kg) y 1,77% (1,6 kg), respectivamente, porcentaje de grasa del 1,2% (0,345 kg) en el grupo EE y 1,3% (0,374 kg) en el grupo ES, mediante una dosis de 4,5 g al día administrada durante 6 semanas, estos resultados se relacionan con el alto contenido nutricional del alga espirulina y el soporte que brinda como suplemento para el apego a la dieta ya que, como se ha mencionado, su contenido proteico de alta calidad favorece que el individuo pueda mantener bajo niveles estables su apetito, así mismo, un mejor control de la ingesta de alimentos, beneficio que también se le confiere a la fibra dietética, además, esta disminuye la absorción de grasas en el intestino, favoreciendo el déficit calórico (Almeida-Alvarado, *et al.*, 2014).

Por último, Diniz *et al.* (2021), analizó el efecto de la suplementación de alga espirulina y dieta hipercalórica en ratas Wistar. Las ratas se dividieron en tres grupos, el primer grupo tuvo una alimentación estándar (SD), el segundo grupo una alimentación hipercalórica (HCD) y el tercer grupo dieta hipercalórica y una suplementación de alga espirulina (HCD + SP25), en este último grupo, el alga espirulina generó un 19,86% (470,1 g hasta 376,7 g) de reducción sobre el peso de las ratas, en comparación con el grupo con alimentación hipercalórica (HCD), mediante una dosis de 25 mg/kg durante 8 semanas, obteniendo este resultado por la acción de los compuestos bioactivos de la espirulina, entre los que resaltan las proteínas y los antioxidantes, los cuales, reducen la lipogénesis, evitando el aumento de los depósitos de grasa gracias a que la ficocianina y niacina, en conjunto con el glucolípido H-b2, reducen la actividad de las lipasas pancreáticas y disminuyen la absorción de grasas en el intestino delgado, por lo tanto, se evita la acumulación excesiva de grasa hepática (Hernández y Orlandis, 2021), así mismo, aumentando la termogénesis mediante el alto porcentaje de proteínas contenido en el alga, mecanismo el cual ayuda a contrarrestar la cantidad de calorías suministradas en comparación con las utilizadas.

Conclusión

Por su contenido nutricional de macronutrientes, micronutrientes y antioxidantes, el consumo de 500 mg hasta 4,5 g de alga espirulina durante 6 semanas hasta 12 semanas, ejerce un efecto benéfico sobre los marcadores y biomarcadores, en pacientes con sobrepeso u obesidad. Sin embargo, la investigación de la aplicación clínica del alga espirulina, es deficiente en la actualidad, por lo cual, es importante realizar intervenciones con este suplemento para evaluar su eficacia en la población mexicana.

Referencias

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Walter, P. (2002). Molecular Biology of the Cell. *Garland Science*, 47-58. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>
- Almeida-Alvarado, S., Aguilar-López, T. y Hervert-Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1), 73-76. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011&lng=es&tlng=es.
- Basain, J., Valdés, M., Pérez, M., Marrero, R., Martínez, A. y Mesa, I. (2017). Influencia en el balance energético de los factores que regulan el control del apetito y la saciedad a corto plazo. *Revista Cubana de Pediatría*, 89(2), 187-202. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubped/cup-2017/cup172i.pdf>
- Birdman México. 2023. *Spirulina En Polvo 360 g*. Birdman. Recuperado a partir de: <https://vidabirdman.com/products/spirulina-en-polvo-360-gr-1?variant=32483176185943>
- Bohorquez, S., Bohorquez-Medina, A., Benites-Zapata, V., Ignacio-Cochoi, F., Toro-Huamanchumo, C., Bendezu-Quispe, G., Pacheco-Mendoza, J. y Hernández, A. (2021). Impact of spirulina supplementation on obesity-related metabolic disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *NFS Journal*, 25(1), 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.09.003>
- Cockell, K. (2017). Mineral Nutrients, *Encyclopedia of Cancer* (3rd edition, pp. 2318–2322). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16483-5_3752.
- Department of Agriculture and Consumer Services. (2023). ¿Tenemos suficientes minerales y microminerales en nuestra dieta?. Recuperado a partir de: <https://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/Minerales.pdf>
- Diniz, A., Claudino, B., Duvirgens, M., Souza, P., Ferreira, P., Junior, F., Alvez, A. y Da Silva, B. (2021). Spirulina platensis Consumption Prevents Obesity and Improves the Deleterious Effects on Intestinal Reactivity in Rats Fed a Hypercaloric Diet. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, (1), 1-14. <https://doi.org/10.1155/2021/3260789>
- Enrique-Relling, A., Pinos-Rodríguez, M. y Mattioli, A. (2011). Un acercamiento a la relación de las hormonas gastrointestinales con el consumo de alimento en rumiantes. *Agrociencia*, 45, 561-572. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000500003&lng=es&tlng=es.
- Granda, D. y Cevallos, A. (2023). Diagnóstico de obesidad y uso de marcadores. *Revista Cubana de Medicina*, 62(2), 4-5. <https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/3065>
- Guija-Guerra, H. y Guija-Poma, E. (2023). Radicales libres y sistema antioxidante. *Horizonte Médico*, 23(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n2.12>
- Guillen, J., Calvillo, A., Mosqueda, J., Rodríguez, A. y Jaramillo, F. (2020). Espirulina, un suplemento alimenticio como posible alternativa en el control de peso. Un estudio con ratas Wistar. *J. Selva Andina Research Society*, 11(1), 49-56. <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100049>
- Gutiérrez-Ramos, M., Carrera-García, K., De la Cruz-Rodríguez, L. y Rodríguez-Saavedra, L. (2021). Probabilidad de experimentar estrés oxidativo en profesionales de la salud de la ciudad de Lima. *Ars Pharm*, 62(3), 237-238. <https://dx.doi.org/10.30827/ars.v62i3.15856>
- Gómez, K. (2020). Aplicación de Spirulina en el desarrollo de la alimentación humana y animal. *Universitat Politècnica de Valencia*, 1-22. <https://riunet.upv.es/handle/10251/158039>
- Gómez-Pérez, D. y Ortiz, M. (2019). Estigma de obesidad, cortisol e ingesta alimentaria: un estudio experimental con mujeres. *Revista Médica de Chile*, 147, 314-321. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872019000300314>
- Hernández, J. y Orlandis, N. (2021). Spirulina platensis en el tratamiento de la obesidad y de algunas de sus consecuencias. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), 1-22. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=110070>
- Hernández-Lepe, M., Wall-Medrano, A., López-Díaz, J., Juárez-Oropeza, M., Luqueño-Bocardo, O., Hernández-Torres, R. y Ramos-Jiménez, A. (2019). Hypolipidemic Effect of Arthrospira (Spirulina) maxima Supplementation and a Systematic Physical Exercise Program in Overweight and Obese Men: A Double-Blind, Randomized, and Crossover Controlled Trial. *Marine Drugs*, 17(5), 270. <https://doi.org/10.3390/md17050270>
- Jung, F. y Krüger-Genge, A. (2019). Spirulina platensis, a super food?. *Journal of Cellular Biotechnology*, 5(1), 43-54. <https://doi.org/10.3233/JCB-189012>
- Junior, E. y Melo, F. (2019). Pigmentos: una visión general. *Revista Brasileira de Engenharia Química*, 27(3), 463-477. <https://abeq.org.br/revista-brasileira-de-engenharia-quimica/>
- Latham, M. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. FAO, 29. <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm>
- Malpartida, R., Aldana, L., Sánchez, K., Gómez, H. y Lobo, P. (2022). Valor nutricional y compuestos bioactivos de la espirulina: Potencia suplemento alimenticio. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 42-51. <https://doi.org/10.46480/esj.6.1.133>
- Naomi, R., Teoh, S., Embong, H., Balan, S., Othman, F., Bahari, H. y Yazid, M. (2023). The role of oxidative stress and inflammation in obesity and its impact on cognitive impairments—A narrative review. *Antioxidants*, 12(5), 1071. <https://doi.org/10.3390/antiox12051071>
- Organización Mundial de la Salud. Obesidad. (2023). Recuperado a partir de: https://www.who.int/es/health-topics/obesity#tab=tab_1
- Quesada, D. y Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1), 79-86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>
- Quintanilla, A., Taype-Rondan, A., Lazo-Porrasc, M. y Herrera-Añazco, P. (2017). Marcadores de obesidad asociados a albuminuria en un centro de atención primaria de Lima, Perú. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 64(6), 295-302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.endinu.2017.03.0122530-0164/@2017SEEN>.
- Regal, M., Morales, R., Morey, R., Morey, J., Pérez, D. y González, L. (2018). La teoría del estrés oxidativo como causa directa del envejecimiento celular. *Medisur*, 16(5), 11. <https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/3798>
- Rodríguez, J. (2021). Espirulina como producto natural con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 32(1), 247. <https://revendocrinologia.sld.cu/index.php/endocrinologia/article/view/247>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2001). Norma Oficial Mexicana–NOM–062–ZOO–1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf

Villa-Uvidia, A., Osorio-Rivera, M. y Villacis-Venegas, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 503-524. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1181>

Yousefi, R., Mottaghi, A. y Saidpourc, A. (2018). Spirulina platensis effectively ameliorates anthropometric measurements and obesity-related metabolic disorders in obese or overweight healthy individuals: A randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 40, 106-12. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.08.003>

Zeinalian, R., Abbasalizad, M., Shariat, A. y Saghafi-Asl, M. (2017). The effects of Spirulina Platensis on anthropometric indices, appetite, lipid profile and serum vascular endothelial growth factor (VEGF) in obese individuals: a randomized double blinded placebo controlled trial. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 17(225), 2-8. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1670-y>