



Uso de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en pastillas de goma para el consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I

Vargas Medina, Wendy Belén

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal. PhD

27 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: : **Uso de la espirulina (*Astrosira platensis*) en pastillas de goma para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I**, fue realizado por la señorita: **Vargas Medina, Wendy Belén**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023



JUAN CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO

Ing. Ortiz Tirado Juan Cristóbal. PhD

C. C 1709998163

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

27 de febrero del 2023

270223_1447

WENDY BELEN VARGAS MEDINA - Documento sin título

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
Titulación UIC 202251

NOMBRE DEL ALUMNO
WENDY BELEN VARGAS MEDINA

NOMBRE DEL ARCHIVO
WENDY BELEN VARGAS MEDINA - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME
27 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	0	1 %
Fragmentos citados o entrecorridos	8	0,6 %

Coincidencias de la Web

normalizacion.gob.ec	2	0,4 %
eaft.edu.co	2	0,4 %
fao.org	2	0,2 %
usil.edu.pe	1	0,2 %
javeriana.edu.co	1	0,1 %
conx.ac.uk	1	0,1 %
latu.org.uy	1	0,1 %
edualimentaria.com	1	0,1 %
scribd.com	1	0,1 %
contextoganadero.com	1	0,1 %
mls.journals.com	1	0,1 %



WENDY BELEN VARGAS MEDINA
JUAN CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO

Ing. Ortiz Tirado Juan Cristóbal. PhD

C. C 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Vargas Medina, Wendy Belén**, con cédula de ciudadanía No.1724516974, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Uso de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en pastillas de goma para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del Iasa 1**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023


.....
Vargas Medina Wendy Belén
C.C.: 1724516974



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Vargas Medina Wendy Belén**, con cédula de ciudadanía No. 1724516974, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Uso de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en pastillas de goma para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del Iasa I**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023


.....
Vargas Medina Wendy Belén
C.C.:1724516974

Dedicatoria

A mis padres Luis Vargas y Jacqueline Medina por todo el amor, paciencia, consejos, sabiduría y su apoyo incondicional.

A mis hijas Angelyd y Amelia Morejón por ser mi faro de luz, mi sonrisa y mi motor para continuar día a día. Por darme la dicha de ser su madre y verlas crecer.

A mi esposo Jhon Morejón, por todos los momentos llenos de felicidad que hemos compartido, por ser mi soporte y mi compañero de vida.

A mi hermano Joshue Vargas por estar presente en todo momento, dándome ánimos.

A mi querida amiga Alejandra Curipallo por brindarme la amistad más sincera.

A mis amigos Jéssica Caiza, Freddy Albiño, Lorena Loaiza y Tatiana Sucuy por haber compartido risas, llantos, angustias y esas experiencias únicas en la vida. Por demostrarme que la amistad es incondicional.

Agradecimiento

A Dios, por permitirme llegar a cumplir mi meta, darme salud, sabiduría y perseverancia para afrontar cada obstáculo.

A la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por el conocimiento brindado para mi formación profesional.

Al Ing. Juan Cristóbal Ortiz Tirado PhD, por su dedicación y conocimiento aportado que fueron de gran ayuda para culminar con mi trabajo de titulación.

Mis padres Luis Vargas y Jacqueline Medina que han sabido guiarme con sabiduría todo este tiempo, por ser los mejores abuelos para mis hijas, jamás soltarme la mano y ayudarme a forjar mi camino. Este logro es de ustedes.

A mis nenas Angelyd y Amelia que se han convertido en lo más valioso en mi vida, por darme ánimos y hacerme feliz con sus ocurrencias. Ustedes son mi inspiración y mi motivo de seguir de pie.

Mi esposo Jhon, gracias por los momentos llenos de amor y felicidad a tu lado, tu apoyo para cumplir mi sueño, por ser mi compañero de vida y por brindarme esas pláticas de consejos, risas y amor. Te amo

Mi hermano Joshue, por cada momento compartido y por lograr los dos, los anhelos de nuestros padres.

A mi amiga Alejandra por acompañarme durante este viaje, por ser mi confidente y tener un hombro donde descansar.

Mis amigos Jéssica, Freddy, Lorena y Tatiana por coincidir en esta vida para formar una linda amistad, por brindarme su tiempo, cariño y consejos. Los llevó en mi corazón.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación:	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	15
Resumen	17
Abstract.....	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
Antecedentes	19
Justificación.....	20
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivo Específico.....	22
Hipótesis	22
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
Cianobacteria	23

Espirulina (<i>Astthrospira platensis</i>)	24
Ciclo de vida	25
Cinética de crecimiento	26
Parámetros de cultivo (espirulina).....	27
Parámetros físico- químicos.....	28
Medios de cultivo.....	30
Inoculación.....	31
Cosecha	31
Secado.....	32
Composición Nutricional de la espirulina	32
Pigmentos	36
Requerimientos nutricionales.....	37
Espirulina en Ecuador	38
Aplicación de la espirulina	40
Requisitos proximales	42
Requisitos microbiológicos	42
CAPÍTULO III	43
MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
Ubicación de lugar de Investigación	43
Materiales y Equipos.....	44
Materiales de laboratorio	44
Equipos y reactivos	45
Medios de cultivo.....	45
Métodos.....	46

Medios	48
Medio de Mantenimiento.....	48
Medio de Masificación.....	48
Medición de parámetros	50
Parámetros Abióticos.....	50
Parámetros Bióticos.....	51
Análisis proximal de la espirulina.....	51
Formulación de gomitas	56
Análisis microbiológico	57
Análisis proximal de las pastillas de gomas	58
Análisis Organoléptico	58
Toma de muestras análisis sanguíneo	59
Tipo de Diseño	60
Descripción de los tratamientos	60
Análisis Estadístico.....	61
CAPÍTULO IV	62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
Resultados.....	62
Análisis proximal de la espirulina.....	62
Análisis proximal de las pastillas de goma.....	62
Etiquetado nutricional de pastillas de goma 0 g de espirulina.....	64
Etiquetado nutricional de pastillas de goma 1 g de espirulina.....	65
Etiquetado nutricional de pastillas de goma 5 g de espirulina.....	66
Análisis microbiológico	67

Análisis sensorial.....	67
Olor	67
Color.....	68
Textura	70
Sabor	71
Aceptabilidad total.....	72
Análisis Sanguíneo	72
Hematocrito	72
Hemoglobina.....	74
Glucosa Basal	75
Proteína.....	76
Glóbulos blancos.....	77
Glóbulos rojos	78
Discusión.	79
CAPÍTULO V	83
Conclusiones y Recomendaciones	83
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Empresas productoras de espirulina</i>	25
Tabla 2 <i>Medio de cultivo</i>	30
Tabla 3 <i>Concentración de cultivo de espirulina en dos medios</i>	31
Tabla 4 <i>Contenido de proteína y aminoácidos por 100 g de espirulina</i>	33
Tabla 5 <i>Contenido proteico de diferentes alimentos</i>	34
Tabla 6 <i>Ácidos grasos esenciales por cada 10 g de espirulina</i>	35
Tabla 7 <i>Contenido de vitaminas por cada 100 g</i>	36
Tabla 8 <i>Pigmentos de Espirulina por cada 100 g</i>	37
Tabla 9 <i>Distribución del gasto energético</i>	37
Tabla 10 <i>Necesidades promedio diarias de energía en mujeres de 18 a 30 años.</i> <i>En Kcal /día</i>	38
Tabla 11 <i>Aplicación de los principales componentes de las cianobacterias</i>	40
Tabla 12 <i>Clasificación de confites</i>	41
Tabla 13 <i>Requisitos para las pastillas de goma</i>	42
Tabla 14 <i>Requisitos microbiológicos</i>	42
Tabla 15 <i>Materiales empleados en laboratorio, campo y producción de espirulina</i>	44
Tabla 16 <i>Equipos y reactivos para producción y análisis bromatológico de la espirulina</i>	45
Tabla 17 <i>Medios de cultivo (análisis bromatológico)</i>	45
Tabla 18 <i>Medio de mantenimiento para el cultivo de espirulina</i>	48
Tabla 19 <i>Medio de masificación para el cultivo de espirulina</i>	49
Tabla 20 <i>Medio de masificación modificado</i>	49
Tabla 21 <i>Rendimiento de la espirulina</i>	51

Tabla 22 <i>Fórmulas para la determinación de análisis proximal</i>	52
Tabla 23 <i>Ingredientes para la elaboración de gomitas por 100 mL</i>	56
Tabla 24 <i>Escala hedónica de 5 puntos</i>	59
Tabla 25 <i>Descripción de los tratamientos</i>	60
Tabla 26 <i>Resultados del análisis proximal de la espirulina</i>	62
Tabla 27 <i>Análisis proximal de los tres tratamientos</i>	63
Tabla 28 <i>Formulación para la elaboración de pastillas de goma con 0 g de espirulina</i>	63
Tabla 29 <i>Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 0 g de espirulina</i>	63
Tabla 30 <i>Información nutricional de las pastillas de goma con 0 g de espirulina</i>	64
Tabla 31 <i>Formulación de pastillas de gomitas con 1 g de espirulina</i>	64
Tabla 32 <i>Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 1 g de espirulina</i>	65
Tabla 33 <i>Información nutricional de las pastillas de goma con 1 g de espirulina</i>	65
Tabla 34 <i>Formulación de pastillas de gomitas con 5 g de espirulina</i>	66
Tabla 35 <i>Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 5 g de espirulina</i>	66
Tabla 36 <i>Información nutricional de las pastillas de goma con 5 g de espirulina</i>	67
Tabla 37 <i>Resultados análisis microbiológicos</i>	67
Tabla 38 <i>Promedio \pm desviación estándar del olor en pastillas de goma con espirulina</i> <i>bajo tres tratamientos</i>	68
Tabla 39 <i>Promedio \pm desviación estándar del color de pastillas de goma con espirulina</i> <i>bajo tres tratamientos.</i>	69
Tabla 40 <i>Promedio \pm desviación estándar de la textura de pastillas de goma con espirulina bajo tres</i> <i>tratamientos.</i>	70
Tabla 41 <i>Promedio \pm desviación estándar del sabor de pastillas de goma con espirulina bajo tres</i> <i>tratamientos</i>	71

Tabla 42 Promedio \pm desviación estándar del nivel de hematocrito % en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina.	73
Tabla 43 Promedio \pm desviación estándar del nivel de hemoglobina (g/dL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina.	74
Tabla 44 Promedio \pm desviación estándar de glucosa basal (mg/dL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	75
Tabla 45 Promedio \pm desviación estándar proteína (g/dL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	76
Tabla 46 Promedio \pm desviación estándar del número de glóbulos blancos (10 ³ cel /mL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	77
Tabla 47 Promedio \pm desviación estándar del número de glóbulos rojos (10 ⁶ cel /mL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina	78

Índice de figuras

Figura 1 <i>Cianobacteria Asthrospira platensis</i>	24
Figura 2 <i>Ciclo de vida espirulina</i>	26
Figura 3 <i>Cinética de crecimiento</i>	27
Figura 4 <i>Cosecha de espirulina</i>	32
Figura 5 <i>Aldanempres Cia. Ltda.</i>	39
Figura 6 <i>Mertens & Asó S. A</i>	39
Figura 7 <i>Instalaciones de la Carrera de Agropecuaria</i>	43
Figura 8 <i>Instalaciones del Centro Médico Club de Leones Carita de Dios</i>	44
Figura 9 <i>Metodología primera fase de laboratorio</i>	47
Figura 10 <i>Proceso de producción de espirulina</i>	50
Figura 11 <i>Medición parámetros abióticos</i>	50
Figura 12 <i>Medición de parámetros bióticos</i>	51
Figura 13 <i>Determinación de grasa por el método Soxhlet</i>	53
Figura 14 <i>Determinación de fibra por el método gravimétrico</i>	54
Figura 15 <i>Determinación de ceniza por el método gravimétrico</i>	54
Figura 16 <i>Diagrama de flujo proceso de elaboración de gomitas</i>	55
Figura 17 <i>Elaboración de las pastillas de goma con 1 y 5 g de espirulina</i>	56
Figura 18 <i>Proceso para el análisis microbiológico</i>	57
Figura 19 <i>Cajas Petri con los diferentes tratamientos</i>	57
Figura 20 <i>Análisis proximal de las pastillas de goma</i>	58
Figura 21 <i>Diagrama de exámenes de sangre</i>	59
Figura 22 <i>Croquis diseño experimental</i>	61

Figura 23 <i>Aceptación del olor en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes</i>	68
Figura 24 <i>Aceptación color en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes</i>	69
Figura 25 <i>Aceptación de la textura en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes</i>	70
Figura 26 <i>Aceptación del sabor de pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes</i> ...	71
Figura 27 <i>Diagrama de barras de la aceptabilidad general de las pastillas de goma con espirulina bajos tres tratamientos</i>	72
Figura 28 <i>Promedio \pm error estándar de los niveles de hematocrito % en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos</i>	73
Figura 29 <i>Promedio \pm error estándar de los niveles de hemoglobina (g/dL), bajo el efecto de tres tratamientos</i>	74
Figura 30 <i>Promedio \pm error estándar de los niveles de glucosa basal mg/dL bajo el efecto de tres tratamientos</i>	75
Figura 31 <i>Promedio \pm error estándar de los niveles de proteína totales g/dL bajo el efecto de tres tratamientos</i>	76
Figura 32 <i>Promedio \pm error estándar del número de glóbulos blancos (103 cel /mL), bajo el efecto de tres tratamientos</i>	77
Figura 33 <i>Promedio \pm error estándar del número de glóbulos rojos (106 cel /mL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos</i>	78

Resumen

Las cianobacterias se remontan a los inicios de la vida en la Tierra, puesto que son los productores primarios de la biósfera. Dentro de este grupo de cianobacterias la espirulina, ha llamado la atención de varios sectores, debido a sus propiedades nutricionales destinadas como fuente de alimentos para el ser humano. Debido a los malos hábitos alimenticios y altos niveles de desnutrición en niños y adolescentes en el Ecuador, se formuló pastillas de goma con diferentes dosis de espirulina (0, 1 y 5 g) con la finalidad de evaluar si el consumo diario de este producto permite un cambio en la composición sanguínea de estudiantes de género femenino de la Carrera Agropecuaria IASA 1, durante un período de 60 días. Cabe recalcar que, durante este período de tiempo, se realizaron pruebas bromatológicas y sensoriales, para determinar la aceptabilidad del producto. Se obtuvieron resultados significativos en el tratamiento 2 para hematocrito ($F= 6.92$ $p=0.0041$), hemoglobina ($F= 3.60$ $p=0.0041$), glucosa basal ($F= 4.04$ $p=0,0041$) y glóbulos rojos ($F= 4.49$ $p=0.0216$). En el análisis proximal y composición nutricional de las pastillas de goma, el tratamiento 2 mostró diferencias tanto en proteína (13,40 %), humedad (5,73%), azúcares totales (4,30%), energía digestible, (26.31 kcal), y sodio (8.62 mg). Finalmente, en el análisis sensorial, el tratamiento testigo, obtuvo una mayor aceptabilidad, sin embargo, la inclusión de espirulina no generó un rechazo del producto, por lo que es una alternativa para mejorar la calidad nutricional de los alimentos procesados para niños y adolescentes en el Ecuador.

Palabras clave: *Arthrospira platensis*, cianobacteria, pastilla de goma, química sanguínea.

Abstract

Cyanobacteria date back to the beginning of life on Earth since they are the primary producers of the biosphere. Within this group of cyanobacteria, spirulina has attracted the attention of several sectors due to its nutritional properties as a source of food for humans. Due to poor eating habits and high levels of malnutrition in children and adolescents in Ecuador, gum tablets were formulated with different doses of spirulina (0, 1 and 5 g) in order to evaluate whether the daily consumption of this product allows a change in the blood composition of female students of the Agricultural Career IASA 1, during a period of 60 days. It should be noted that, during this period of time, bromatological and sensory tests were carried out to determine the acceptability of the product. Significant results were obtained in treatment 2 for hematocrit ($F= 6.92$ $p=0.0041$), hemoglobin ($F= 3.60$ $p=0.0041$), basal glucose ($F= 4.04$ $p=0.0041$) and red blood cells ($F= 4.49$ $p=0.0216$). In the proximal analysis and nutritional composition of the gumdrops, treatment 2 showed differences in protein (13.40%), moisture (5.73%), total sugars (4.30%), digestible energy (26.31 kcal), and sodium (8.62 mg). Finally, in the sensory analysis, the control treatment obtained greater acceptability; however, the inclusion of spirulina did not generate a rejection of the product, making it an alternative to improve the nutritional quality of processed foods for children and adolescents in Ecuador.

Keywords: *Arthrospira platensis*, cyanobacteria, gumdrop, blood chemistry.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Las algas representan las dos terceras partes de la biomasa terrestre, descienden de la primera forma de vida fotosintética de la Tierra y su redescubrimiento se ha hecho en el campo nutricional como fuente de alimento, en productos farmacéuticos, bioquímicos y fertilizantes, Henrikson (1994).

Dentro de este grupo de organismo fotosintéticos se destaca la espirulina (*Arthrospira platensis*), que es una cianobacteria filamentosa, capaz de utilizar el dióxido de carbono disuelto en el agua salada como fuente de nutrientes para su reproducción (Sera Blanco & García, 2017). Su consumo data de las épocas de la cultura maya, aztecas e incluso africanas, donde recolectaban de lagos o mares un barro de color azul que se formaba en la superficie, lo ponían a secar al sol y lo consumían, ya que era parte de su alimentación diaria la cual les proveía de energía para sus labores, Barros & Buenrostro (1999).

Por otro lado, es importante recalcar que, por cada 100 g de espirulina (*Arthrospira platensis*) seca, se obtiene alrededor de 65% de proteínas, 15 % de carbohidratos y 11 % de lípidos. Además de contener ficocianina, ficocianobilina que son componente de vitaminas del complejo B, vitamina K, carotenoides y minerales esenciales como el sodio, potasio, magnesio, calcio, selenio, fósforo entre otros, Sera Blanco & García (2017).

La espirulina puede desarrollarse en zonas desérticas donde el agua es salina y presenta pocas posibilidades de contaminarse. Desde 1981 la aplicación de espirulina como complemento alimenticio está legalmente autorizada en EE. UU, Europa, Japón y la Cuenca del Pacífico dando referencia que una fuente de proteínas, vitaminas y minerales, Ponce (2013).

En la actualidad se encuentran producciones importantes de espirulina en Alemania, Rusia, Francia, Israel, EE. UU. Donde se toman en cuenta los parámetros críticos: nivel de pH, densidad de población y temperatura para su desarrollo, Ponce (2013).

A nivel Nacional la espirulina, en el año 2003 fue introducida por Peter Mertens, en la zona de Pintag, donde desarrolló dos productos terminados de espirulina una en polvo y otra en cápsulas, Guerra (2015).

Para el 2006 la empresa Aldanempres en Cayambe construyó un sistema de cultivo con capacidad de producción de 14 toneladas de espirulina por año, Barra & Guartatanga (2013). Sin embargo, no se ha dado una expansión masiva y de mercadeo del producto para la población local, y esto se lo atribuye, al poco conocimiento en el país de dicha cianobacteria, Guerra (2015).

La espirulina es considerada una excelente alternativa debido no solo a sus valores nutricionales, si no a sus beneficios terapéuticos antioxidantes, antibacterianos, antitumorales, antiinflamatorios, antialérgicos y antidiabéticos. Para las diversas enfermedades no se ha establecido dosis específicas de espirulina, pero en estudios previos se encuentra dosis de 1 a 5 g, Cingi (2011).

Según, Hernández (2021) la espirulina puede emplearse como potencializador en la salud de pacientes con diabetes mellitus ya que incide en un mejor control glucémico e incluso puede ser empleado como agente coadyuvante en la prevención de dicha enfermedad.

Bohórquez (2017) describe que la espirulina mejora en forma significativa el metabolismo de los lípidos, principalmente reduciendo los niveles de triglicéridos e incrementando el HDL. De igual modo se observó resultados favorables en la resistencia a la insulina y la respuesta de la glucosa al tratamiento de síndrome metabólico.

Justificación

Los malos hábitos alimenticios que se han adquirido a lo largo de los tiempos se han convertido en la mayor amenaza para la salud humana, llevando así a una malnutrición la cual se deriva de excesos

y carencias en la alimentación. Se debe tomar en cuenta que el estado nutricional del ser humano resulta del balance entre la ingesta de sus nutrientes y sus requerimientos, Hernández- *et al.*, (2021).

Los desequilibrios entre los consumos de energía y nutrientes del ser humano comprenden grandes afecciones como desnutrición y enfermedades. La desnutrición presenta riesgos considerables para la salud humana. En Ecuador la prevalencia de desnutrición es de 23,2 %, tal situación se empeora en las regiones rurales, presentándose con más frecuencia en la Sierra (32%), Costa (15,7%), Amazonía (22,7%) y región Insular (5,8%). Cabe notar, que desde 1993 el país lleva a cabo programas relacionados con salud y nutrición, sin embargo, no se han alcanzado los indicadores nutricionales positivos o bien son insuficientes, ya que en algunas comunidades indígenas se estima que la tasa de desnutrición crónica infantil está por encima del 50%, Moncayo *et al.*, (2021).

La OMS afirma que 6 de cada 10 enfermedades se relacionan con la malnutrición, entre las cuales despuntan la hipertensión arterial, colesterol elevado, deficiencia de hierro, sobrepeso, obesidad y diabetes. Para el año 2017 se registraron casi 11 millones de muertes debido a una mala nutrición. Mientras tanto en Ecuador la USFQ en el año 2019 registró 658 muertes por enfermedades derivadas por malnutrición, Sisa (2020).

Los progresos en la rama de la salud han hecho que la espirulina sea un alimento para mejorar el estado nutricional de los seres humanos, esto debido a sus múltiples propiedades, y que permiten mantener los niveles normales de glucosa en la sangre, previenen ataques de sustancias cancerígenas, estimula el sistema inmunológico, normaliza la presión arterial y ayuda a la producción de glóbulos rojos con una mejor concentración de hemoglobina en la sangre, Reardon (2018). Por lo tanto, una alternativa para mejorar los malos hábitos alimenticios y sus consecuencias, es elaborar productos alternativos, que no solo sean palatables para el ser humano, si no también, que aporten beneficios a la salud, como las pastillas de goma con inclusión de espirulina.

Objetivos

Objetivo General

Valorar la inclusión de la cianobacteria *Arthrospira platensis* (espirulina) en pastillas de goma para el consumo por parte de estudiantes mujeres de la Carrera Agropecuaria IASA I y su impacto en la química sanguínea.

Objetivo Específico

- Formular pastillas de goma isoproteicas e isocalóricas con diferentes porcentajes de inclusión de espirulina.
- Caracterizar el contenido proximal, microbiológico, organoléptico y nutricional de las pastillas de goma con espirulina y el control.
- Evaluar la química sanguínea de 7 estudiantes mujeres del IASA 1, con un consumo diario de pastillas de goma con inclusión de espirulina durante 60 días.

Hipótesis

HO: *“El consumo diario de pastillas de goma con la inclusión de 1 y 5 g de espirulina por parte de estudiantes mujeres de 25 a 31 años de la Carrera Agropecuaria IASA1, no afecta la química sanguínea durante los 60 días de consumo diario”.*

H1: *“El consumo diario de pastillas de goma con la inclusión de 1 y 5 g de espirulina por parte de estudiantes mujeres de 25 a 31 años de la Carrera Agropecuaria IASA1, afecta la química sanguínea durante los 60 días de consumo diario”*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Cianobacteria

Las cianobacterias o cianofíceas son microorganismos procariontes, aeróbicos y foto autótrofos, es decir organismos eficientes en la conversión de energía. No poseen membrana celular, ni mitocondrias y su principal fuente de energía son los procesos de fotosíntesis y respiración, Aguayo & Muñoz (2001).

Su facilidad de crecimiento favorece su aparición en medios acuáticos, preferentemente en los ambientes dulceacuícolas en aguas alcalinas o neutras. Este microorganismo es capaz de fijar el dióxido de carbono y el nitrógeno. El potencial biológico que poseen las cianobacterias ha permitido estudios sobre la capacidad de sintetizar ácidos grasos poliinsaturados tipo EPA (Eicosapentaenoico) y DHA (Docosahexaenoico), los cuales son muy ventajosos en la formulación de alimentos presentando así un elevado potencial para la aplicación en áreas de la nutrición humana, Guillermo *et al.*, (2013).

Desde el punto de vista metabólico existen cianobacterias autótrofas fotosintéticas, sin embargo Ortiz *et al.*, (2012) menciona que las cianobacterias también se pueden desarrollar a partir de materia inorgánica y otras son capaces de crecer utilizando materia orgánica como fuente de energía y carbono, considerándose varios de estos microorganismos de la siguiente manera:

Autótrofos: Obtienen energía de la luz solar y sintetizan sustancias para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas (dióxido de carbono, agua y sales minerales) y su nutrición no depende de otros elementos.

Heterótrofos: Las cianobacterias pueden desarrollarse bajo ausencia de luz y su principal fuente de energía son los compuestos orgánicos proporcionados por el carbono.

Mixtos tróficos: Son capaces de desarrollarse bajo condiciones autótrofas como heterótrofas.

La reproducción de las cianobacterias es por medio de fisión binaria donde la membrana plasmática se pliega centrípetamente y la célula se divide en dos partes que pueden ser simétricas o asimétricas. Otra forma de división es por exosporas en la cual la célula sufre una división múltiple y se liberan por la ruptura de la pared un ejemplo de esta división es la cianobacteria *Chamaesiphon*, Suárez (2016).

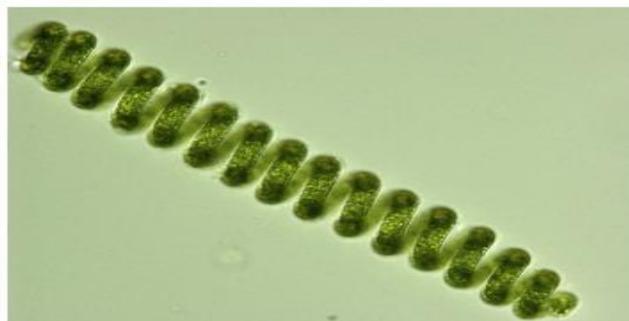
En la actualidad algunas especies de cianobacterias son empleadas como biofertilizantes y como fuente de nutrientes en la alimentación humana y animal. Teniendo así a la espirulina como alternativa de fertilizantes en cultivos y empleada en la alimentación acuícola, Díaz (2018).

Espirulina (*Astthrospira platensis*)

Es una cianobacteria que forma poblaciones masivas y visibles en la superficie de agua tropicales o subtropicales. Se caracteriza por su morfología la cual es en forma de espiral, debido a los tricomas cilíndricos multicelulares que posee, su diámetro está entre 1 a 12 μm y su tamaño oscila entre 200 y 250 μm , Huarachi *et al.*, (2015).

Figura 1

Cianobacteria Astthrospira platensis



Nota. Tricoma de cianobacteria *Astthrospira platensis*
Autores: Masojídek & Torzillo (2014).

La producción de su biomasa depende de algunos factores como temperatura, tasa de aireación, concentración de CO₂, fosfatos y fuentes de carbono y nitrógeno. La espirulina se puede encontrar en una variedad de ambientes lagos de agua dulce, ríos, estanques, Romero *et al.*, (2017).

Astthrospira platensis en promedio aporta de 65 – 70% de proteína y su consumo de agua es de 2.500 (L/kg producido), mientras que la soja aporta de 34-36% de proteína y consume 8.869 (L/kg producido) y el maíz aporta 9% de proteína y consume 12.416 (L/kg producido).

Su consumo se registra desde las épocas aztecas en 1520 donde la conocían como “excremento de piedra” del lago Texcoco. Ya luego su consumo se expandió al terminarse la Segunda Guerra Mundial donde investigadores postularon la hipótesis de que esta microalga es una fuente alta de proteína. Para el 2008, la FAO estimó en sus reportes una producción de 68.400 toneladas de espirulina de las cuales 62.300 provenían de China y 6000 de Chile, ya para el año 2014 la cifra aumentó a 90.000 toneladas, Gutiérrez & Tello (2018).

Tabla 1

Empresas productoras de espirulina

Empresa Productora	País	Hectáreas asignadas	Producción anual
Parry Nutraceuticals	India	53	No especifica
Cyanotech	Estados Unidos	32	350 toneladas
Earthrise	Estados Unidos	43	450 toneladas

Nota. Empresas certificadas de espirulina a nivel mundial. Autores: Gutiérrez & Tello (2018)

Ciclo de vida

La espirulina al estar formada por filamentos tiene la facultad de multiplicarse por bipartición y la división más frecuente es hacia los extremos de los filamentos. Su periodo se ha resumido en tres etapas.

Fragmentación de tricomas: el tricoma maduro se divide en varios filamentos u hormogonio gracias a la formación previa de las células especializadas.

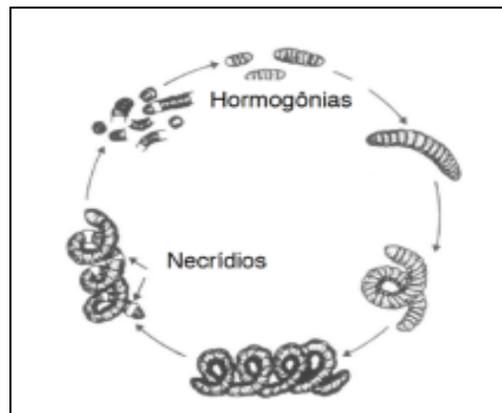
La ampliación de células del hormogonio y procesos de maduración: estas células (necridios) se caracterizan por formar un aspecto granuloso, sus tabiques transversales se abomban vigorosamente y

la célula se vuelve bicóncava con lo cual la materia de la célula se desborda para permitir la fragmentación.

Alargamiento del tricoma: en las zonas conocidas como disyuntores ocurre la ruptura celular donde el tricoma crece longitudinalmente y toma su forma helicoidal, Asero (2014).

Figura 2

Ciclo de vida espirulina



Nota. Ciclo de vida espirulina. Autores: Borba & Ferreira (2019)

Cinética de crecimiento

Según, Fernández (2014) la espirulina bajo condiciones preestablecidas en cultivo por lote presenta las siguientes fases:

Fase de adaptación: En esta fase el crecimiento es lento, los organismos se empiezan a adaptar al medio y no están en condiciones metabólicas óptimas por lo cual muestran una fase de retardo de su crecimiento.

Fase de crecimiento exponencial: Al no haber limitación de nutrientes las microalgas comienzan una fase de crecimiento a una velocidad específica.

Fase de crecimiento lineal (ralentización): Cuando un nutriente llega a ser limitante o se dan cambios en el medio se da una disminución en la tasa de división.

Fase estacionaria: El crecimiento celular disminuye, mientras que, el número de células se mantiene constante.

Fase declive (muerte): Comienza a presentarse una muerte celular a un ritmo significativo lo que ocasiona que la tasa de mortalidad sea superior a la de la natalidad.

Figura 3

Cinética de crecimiento



Nota. Fases de crecimiento de microalgas en cultivos por lotes, continuos. Autor: Fernández (2014)

Parámetros de cultivo (espirulina)

El rendimiento del cultivo de espirulina dependerá de conocer las condiciones óptimas y los límites de tolerancia de cada uno de los parámetros para su desarrollo. Teniendo en cuenta la concentración de células y el grado en que estas células pueden desarrollar su potencial de crecimiento. Para conseguir un crecimiento activo es necesario un inóculo viable, nutrientes, Gonzáles (2015).

Fuente de Carbono

El CO₂ es el nutriente esencial para el cultivo de microalgas como fuente de carbono y control del pH. La asimilación del carbono se realiza en forma de dióxido de carbono dando lugar a una mayor producción celular y un crecimiento específico, Borba & Ferreira (2019).

El CO₂ que es tomado por las células tienen un transporte activo que soporta la acción de la enzima anhidrasa carbónica, transformándose en metabolitos intermediarios que luego se incorpora al

Ciclo de Calvin para participar en la síntesis de macromoléculas entre ellos proteínas, carbohidratos, lípidos, Giraldo (2013).

Fuente de Nitrógeno

El nitrógeno es de importancia ya que se incluye en las partes estructurales de las células tales como ácidos nucleicos, proteínas, pigmentos fotosintetizadores.

La decoloración celular, la acumulación de compuestos orgánicos como polisacáridos y aceites son indicadores de la limitación de este nutriente. Existe una variedad de compuestos de nitrógeno que se pueden emplear como nitrato, amoníaco y urea, el nitrito también puede ser empleado, pero en altas concentraciones llega a ser tóxico para las microalgas, Giraldo (2013).

Fuente de fósforo

No todo el fósforo está disponible para la producción de biomasa cuando es suministrado en exceso ya que forma fosfato. El fósforo es esencial para la formación de ADN y ARN, además de participar en la transferencia intracelular de energía, síntesis de ácidos nucleicos y reacciones asociadas a la división celular, Borba & Ferreira (2019).

Fuente de Hierro

Este micronutriente interviene en el transporte de electrones, reducción de nitritos, nitratos y sulfatos, en la eliminación de especies reactivas como radicales libres y peróxidos. El color amarillo en las microalgas es un indicador de la deficiencia de hierro y el exceso de este inhibe el crecimiento de la biomasa, Serrano *et al.*, (2011).

Parámetros físico- químicos

Luz

La luz es un factor relevante para el crecimiento de la espirulina, que dependerá de la calidad y cantidad. Se debe tomar en cuenta dos factores, la irradiancia que se refiere al flujo de luz por unidad de

área al cual las microalgas están expuestas, y el fotoperiodo que refiere a la cantidad de horas durante el día, al cual las microalgas están sometidas, Spirulina Source (2005).

En la noche las reacciones bioquímicas dan lugar a la síntesis de proteínas y a la respiración, esta última disminuye la biomasa cuando la temperatura está elevada. Se aconseja un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad para promover el proceso fotosintético, Giraldo (2013).

Temperatura

En laboratorio se tiene como referencia dos tipos de temperatura, la primera del medio ambiente y la segunda del medio líquido del cultivo la cual tiene una influencia con la velocidad del crecimiento de la espirulina, el rango recomendable para mantenimiento de la cepa es de 18 a 22°C, la máxima velocidad de crecimiento se da entre los 30-35°C y por encima de esta se disminuye la cantidad de biomasa e incluso destrucción del cultivo, Rodríguez & Triana (2006).

pH (Potencial de hidrógeno)

El pH tiene la capacidad de determinar la solubilidad del CO₂ y otros minerales que inciden en el crecimiento. Por el consumo de algunos nutrientes y el CO₂ que se solubiliza, el pH varía si se encuentra en un sistema de cultivo cerrado, no obstante, las microalgas soportan más un aumento en el pH que una disminución, Giraldo (2013).

El estudio de, Barreto & Chepe (2021) estableció que a un pH de 9 se obtiene un mayor crecimiento poblacional ($35 \times 10^5 \text{ cel/ml}$), mayor concentración de proteínas (60,72%) y una mayor concentración de biomasa de 1.53 g/L

Agitación

Tiene el objetivo de facilitar la homogeneización de nutrientes en el medio y eliminar cualquier gradiente, no obstante, una agitación excesiva puede producir la rotura de los tricomas, por ende, una reducción de su tamaño lo que complicaría al momento de la cosecha por filtración, Jiménez *et al.*, (2002).

Medios de cultivo

Un factor importante es la calidad de agua que se emplea para realizar los medios, no debe contener cloro y en el caso que tenga cloro se debe dejar a la intemperie para que el cloro se evapore. También se puede hacer uso del agua de mar que es rica en magnesio, pero se tiene que hacer análisis periódicamente. Y otra alternativa es emplear agua destilada, solo en fase de laboratorio. Un medio de cultivo puede obtenerse disolviendo productos químicos.

Tabla 2

Medio de cultivo

Químico	g/litro
Bicarbonato de sodio	8
Sal	5
Nitrato de potasio	2
Sulfato dipotásico	1
Fosfato monoamónico	0,1
Sulfato de magnesio	0,2
Solución de hierro	0,1

Nota. Ejemplo de un medio de cultivo artesanal con productos químicos para espirulina. Autor: Spirulina Source (2005)

Existen varios medios de cultivo para diversas microalgas, en el caso de la espirulina el más utilizados es el medio de Zarrouk que fue utilizado como medio sintético por primera vez en 1996. No obstante, se utilizan otros medios los cuales incluso pueden ser orgánicos.

Quintero *et al.*, (2016), en su estudio con medios de cultivo Schlosser y Zarrouk encontró un mayor rendimiento de biomasa de *Espirulina máxima*, con mayor contenido de proteínas y pigmentos carotenoides y metabolitos secundarios como la ficocianina empleando el medio Schlosser.

Tabla 3*Concentración de cultivo de espirulina en dos medios*

Medio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zarruk (g/ml)	0.001	0.0011	0.00149	0,00167	0.00177	0.00678	0.00497	0.0045	0.00429
Scholsser (g/ml)	0.0015	0.00157	0.00173	0.00182	0.00421	0.00998	0.00673	0.0061	0.0057

Nota. Muestra promedio de las concentraciones de *espirulina máxima* en un tiempo de 9 días. Autores: Quintero *et al.*, (2016)

Inoculación

Es el proceso por el cual se toma la simiente de la cepa (espirulina) y se agrega al medio de cultivo. Esta simiente se puede obtener del cultivo de la microalga que tenga buenas características físicas y químicas, normalmente se la puede tomar de la nata o rediluyendo con el medio de cultivo a la concentración de 3 g por litro, Spirulina Source (2005).

Se llega a tener una tasa del 30% de crecimiento, cuando se tiene la temperatura adecuada, el medio de cultivo es a base de bicarbonato, la concentración de espirulina es de 0,3 g/L y la superficie del estanque aumenta, pero se mantiene la profundidad del cultivo a un bajo nivel.

Cosecha

Procedimiento en el cual se separa a la espirulina de su medio de cultivo. La elección de que técnica usar para la cosecha dependerá de las características del cultivo entre ellas el tamaño, densidad y destino del producto.

Algunas de las técnicas de cosecha como la centrifugación, sedimentación por gravedad, filtración, tamizado, prensado, técnicas de floculación, flotación por aire, tienen la misma finalidad que es eliminar el agua y recuperar la biomasa, Cruz (2022).

Indesol (2017) recomienda realizar la cosecha por la mañana ya que el porcentaje de proteínas está en su punto máximo. Una vez que se haya observado la biomasa en la parte superior y cumplan con

los parámetros de absorbancia y físicos se procede a la filtración. La cosecha está compuesta de dos etapas.

Filtración: en la cual se obtiene la biomasa por gravedad a través de una tela o malla sintética de aproximadamente 0.04 mm que es colocada en la parte superior de un recipiente.

Figura 4

Cosecha de espirulina



Nota. Filtración por medio de una malla para la obtención de espirulina. Autor: Cruz (2022)

Secado

Se basa en la deshidratación de las células a medida que aumenta la temperatura por diferentes fuentes de calor como el secado por el sol, secado por convección, secado por aspersion, liofilización, secado con rodillos, secado mediante radiación, Chen *et al.*, (2015).

Liofilización: Por medio de este proceso se elimina el agua del producto procesado, esto a partir de la congelación y así se puede conservar la calidad nutricional del producto a diferencia de los otros tipos de secado. Se debe congelar el producto (biomasa) por 24 horas a -70°C para posteriormente ser liofilizado en un tiempo de 3 a 5 días, Wong *et al.*, (2001).

Composición Nutricional de la espirulina

Proteína y Aminoácidos

Dentro de su composición la espirulina tiene alto un porcentaje de proteínas entre 55-70% por peso seco, es una proteína completa ya que contiene todos los aminoácidos esenciales, aun cuando

tiene cantidades reducidas de metionina, cistina, lisina. La espirulina no contiene paredes celulares, más bien tiene una cubierta de mureína que la vuelve frágil y esto explica la excelente digestibilidad que tiene al ser consumida, Food and Agriculture Organisation (2008).

Tabla 4

Contenido de proteína y aminoácidos por 100 g de espirulina

Proteínas y aminoácidos	g/100 g
Proteína	57.47
Triptófano	0.929
Treonina	2.97
Isoleucina	3.209
Leucina	4.947
Lisina	3.025
Metionina	1.149
Cisteína	0.662
Fenilalanina	2.777
Tirosina	2.584
Valina	3.512
Arginina	4.147
Histidina	1.085
Alanina	4.515
Glicina	3.009
Prolina	2.382
Serina	2.998

Nota. Composición de aminoácidos por cada 100 g de espirulina. Autor: Pango (2021)

Se ha evidenciado que el nivel de proteína que tiene la espirulina es aún mayor cuando se compara con otras fuentes de proteína tales como levaduras, vegetales e incluso otras microalgas como Chlorella.

Tabla 5*Contenido proteico de diferentes alimentos*

Tipo de alimento	(%) Proteína
Espirulina en polvo	65
Huevo entero secado	47
Levadura de cerveza	45
Leche en polvo	37
Soya entera de harina	34
Queso tipo parmesano	34
Germen de trigo	27
Maní	26
Pollo	24
Pescado	22
Carne de res	22

Nota: Contenido de proteína en porcentaje de diferentes alimentos con respecto al nivel proteico de espirulina. Autor: Asero (2014)

Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen del 15 al 20% de la materia seca de la espirulina. Dentro del enfoque nutricional la sustancia glucídica de importancia dentro de la espirulina es el fosfato de mesoinositol, que constituye una buena fuente de fósforo orgánico y de igual manera el inositol que contiene 350 – 850 mg/kg materia seca, Belay (2002).

Ácidos grasos

La importancia de los ácidos grasos radica en la biotransformación que realizan puesto que son los precursores de prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos, los cuales son mediadores químicos de las reacciones inflamatorias e inmunitarias, Asero (2014).

Dentro de su composición de grasa del 6-9% la espirulina es rica en ácidos grasos insaturados tales como ácido linoléico, ácido docosahexaenóico, ácido eicosapentaenóico, ácido araquidónico y estearidónico, Cho *et al.*, (2020).

Tabla 6

Ácidos grasos esenciales por cada 10 g de espirulina

Ácidos grasos	
<i>Grasas saturadas</i>	<i>100 mg</i>
<i>Grasas insaturadas</i>	<i>210 mg</i>
<i>Ácido linoléico</i>	<i>120 mg</i>
<i>Ácido linoléico γ</i>	<i>80 mg</i>
<i>Ácido oléico</i>	<i>11 mg</i>

Nota. Contenido de ácidos esenciales por 10 g espirulina. Autor: Sandoval (2017)

Vitaminas

Provitamina A (β -caroteno)

El 80 % de los carotenoides que contiene la espirulina pertenece a los β -carotenos, el resto está compuesto por ficoxantina y criptoxantina. Por kilogramo de materia seca de espirulina se obtiene 700 y 1700 mg de β -caroteno y 100 mg de criptoxantina y ficoxantina que al ser consumidos se convierten en vitamina A, Rodríguez & Triana (2006).

Vitamina E (tocoferoles)

En la espirulina seca encontramos alrededor de 50 a 190 mg de vitamina E, las propiedades antioxidantes que posee esta vitamina junto con los ácidos grasos explican la excelente conservación de la espirulina.

Vitamina B12

La biodisponibilidad de la vitamina B12 en la espirulina ha generado ciertas reacciones ya que estudios con pruebas radioquímicas no encontraron mayores contenidos de vitamina B12, sin embargo, utilizando el mismo método, pero en distintas variedades de espirulina se observaron altos contenidos de vitamina B12.

Tabla 7*Contenido de vitaminas por cada 100 g*

Vitamina	Mg x 100 g ⁻¹ (peso seco)
Pro- vitamina A	2.330.000 IU kg ⁻¹
β caroteno	10 a- tocoferol equiv.
Vitamina E	3.5
Tiamina B12	4.0
Niacina B3	14.0
Vitamina B6	0.8
Vitamina B12	0.32
Ácido fólico	0.01
Biotina	0.005
Ácido pantoténico	0.1
Vitamina K	2.2

Nota. Contenido de Vitaminas en mg por cada 100 g de peso seco de espirulina. Autor: Sánchez *et al.*, (2003)

Pigmentos

La espirulina contiene algunos pigmentos naturales. Algunos de ellos son los responsables de los colores característicos de ciertas especies de aves como el flamenco que consumen esta cianobacteria, Sánchez *et al.*, (2003).

Carotenoides: Son fotorreceptores liposolubles, que se pueden encontrar como β-Carotenos, xantofilas, luteína y zeaxantina. Se utilizan como colorantes industriales naturales.

Ficocianina: es el principal pigmento de las microalgas, llegando al 20% de peso seco. Posee propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectoras.

Clorofila: es el principal pigmento fotosintético, se encuentra clorofila a en 1.1% y la clorofila b en 2%. A una baja exposición de luz la concentración de clorofila se incrementa para poder obtener la energía luminosa para la fotosíntesis, por el contrario, a una alta exposición de luz decrece la concentración de clorofila -a, e incrementa el contenido de carotenoides, Silos (2021).

Tabla 8*Pigmentos de Spirulina por cada 100 g*

Pigmentos	mg 100 g⁻¹
Carotenoides	370
Clorofila a	1000
Ficocianina	14000

Nota. Contenido de pigmentos en las microalgas de espirulina en 100 g de polvo seco. Autor: Sánchez *et al.*, (2003)

Requerimientos nutricionales

Ayúcar (2005) define “a los requerimientos nutricionales como las “cantidades de los nutrientes que el individuo necesita ingerir para mantener un estado nutricional adecuado y prevenir la aparición de enfermedades.”

El organismo no puede producir todos los nutrientes esenciales, por lo cual debe recibirlos a través de los alimentos. Las necesidades nutricionales dependen de la edad, sexo, actividad física y estado fisiológico de la persona.

Energía

Es el combustible que el organismo utiliza para desarrollar las funciones vitales, y estas están determinadas por el metabolismo basal, el ejercicio físico y la termogénesis. En la tabla 9 se presenta como es la distribución de energía en el organismo, FAO (2000).

Tabla 9*Distribución del gasto energético*

Componente	Porcentaje
Metabolismo basal	60%
Actividad Física	30 %
Termogénesis	10%
Gasto total de energía durante el día	100 %

Nota. Distribución de la energía en el organismo. Autor: FAO (2000)

Metabolismo basal: son los procesos que constituyen los intercambios de energía en reposo como la respiración, circulación, etc.

Actividad física: es el factor que más variabilidad tiene dentro de la demanda energética ya que varía según el sexo, edad.

Termogénesis: hace referencia a los procesos de digestión, absorción y utilización de los nutrientes.

Tabla 10

Necesidades promedio diarias de energía en mujeres de 18 a 30 años. En Kcal /día

Peso (Kg)	Sedentaria Kcal (1,4 x TMB)	Actividad ligera Kcal (1,55 x TMB)	Actividad moderada Kcal (1,8 x TMB)	Actividad intensa Kcal (2,0 x TMB)
50	1700	1850	1950	2200
55	1800	1950	2100	2350
60	1900	2050	2200	2500
65	2000	2150	2300	2600
70	2100	2250	2450	2750

Nota. Autor: FAO (2000)

Para estimar los requerimientos energéticos se utiliza la fórmula de Harris-Benedict, que tiene en cuenta la edad, el sexo. La actividad física se calcula como múltiplos de TMB y es importante resaltar que la mujer, aunque realice el mismo esfuerzo físico que el hombre gasta menos calorías.

Espirulina en Ecuador

Para el año 2003 Peters Mer introduce esta alga en Ecuador, en el sector de Pintag, Hacienda San Agustín. Los dos primeros años realizó investigaciones, para más tarde después de varios análisis, tener un alga con gran cantidad de nutrientes. Es así como empieza la producción a nivel industrial, Guerra (2015). Andes-Espirulina produce alrededor de 300 kg al mes y su valor de producción varía dependiendo de la demanda que tienen, por otro lado, en el año de 1997 Aldanempres Cia. Ltda.

Construyó en Ascázubi (Cantón Cayambe, provincia de Pichincha), un sistema de cultivo que comprende 3 fotobiorreactores con una superficie total de $6,450 m^2$ con capacidad de producción de 14 toneladas de espirulina por año. En sus primeros 4 años de producción lograron una productividad de $6 g/m^2/d.$, Barra (2010).

Figura 5

Aldanempres Cia. Ltda.



Nota. Sistema de cultivo de Aldanempres Cia. Ltda.
Autor: Barra (2010)

Ya para el año 2006 Mertens & Asó S.A pusieron en marcha una producción de espirulina con 20 fotobiorreactores con una superficie total de $20.500 m^2$ con una capacidad de producción de 33 toneladas de espirulina por año.

Figura 6

Mertens & Asó S. A



Nota. Instalaciones de Mertens & Asó S.A para la producción de espirulina. Autor: Barra (2010)

Aplicación de la espirulina

El bajo costo de extracción, secado de biomasa, alta digestibilidad y contenido de proteínas, presencia de vitaminas y pigmentos, entre otras propiedades de sus componentes hace que pueda ser utilizado en diferentes sectores de la industria alimentaria.

Tabla 11

Aplicación de los principales componentes de las cianobacterias

Componentes	Aplicaciones
Proteínas y vitaminas	Alimentación humana y animal
Pigmentos: betacaroteno, xantofilas, ficobilinas	Colorantes cosméticos, y reactivos analíticos
Ácido gama – linoléico	Estimulante de prostaglandina, regulación de la síntesis de colesterol

Nota: Aplicaciones comerciales de cada componente de las cianobacterias. Autor: Borba & Ferreira (2019)

El enfoque que tiene la espirulina dentro de la alimentación humana es como suplemento nutricional o dietético, y no como medicamento. No obstante, FAO (2008) menciona que en Vietnam la espirulina en polvo es empleada en una tableta de alimentos y en un producto llamado “Lactogil” el cual es utilizado por las madres lactantes para aumentar su secreción de leche.

A una variedad de productos como barras de granola, harinas de proteínas, queso, yogures, bebidas, etc., se les ha incorporado espirulina, en un estudio de, Barkallah *et al.*, (2017) se valoró el efecto de la fortificación de yogurt con espirulina en concentraciones de (0.25), (0.59), (0.75) y 1 %, donde se encontró que la adición de (0.25%), aceleró la fermentación y conservó las propiedades bromatológicas y palativas del producto, de tal manera que tuvo aceptabilidad sensorial favorable.

Confitería

La mejora de la confitería se ha dado gracias al desarrollo del azúcar tanto de la caña como de la remolacha y su elaboración se remonta hace 35000 años, cuando en excavaciones egipcias encontraron un taller de confitería con utensilios similares a los que se emplean hoy en día, Mejorado (2006).

El ingrediente principal de los confites es la sacarosa cuya elaboración se basa en dos principios de procesamiento como la solubilidad del azúcar en agua y el punto de ebullición de soluciones saturadas de azúcar la cual determinará la textura de los confites. A los confites se los ha clasificado según su textura, en amorfos y no amorfos cuando el azúcar se ha cristalizado o no, Riofrío (2015).

Tabla 12

Clasificación de confites

Amorfos (no cristalinos)	No amorfos (cristalinos)
Caramelos	Chocolate
Melazas	Crema
Chiclosos	Fudge
Palanquetas	Nougats
Dulce duro	Lozenges
Orozus	Centros suaves
Gelatinas	Mazapán y pastas
Gomitas	Pralines
Paletas	Tableta de azúcar comprimida

Nota. Clasificación de confites según su textura. Autor: Riofrío (2015)

Pastillas de Goma

INEN (2017), define a las gomitas como “un confite obtenido por la mezcla de gomas naturales, gelatinas, pectina, agar-agar, glucosa, almidón, azúcares y otras sustancias y aditivos alimentarios permitidos.” Por lo general las gomitas están constituidas por la combinación ciertas sustancias que le proporcionan sus características entre las cuales tenemos: Gelatina: las cuales se la obtiene del colágeno presente en el tejido conectivo animal. También llamada grenetina el cual es un coloide formado por proteínas; Almidón que es un polisacárido formado por amilosa y amilopectina que se extrae de las plantas; Pectina que es un gelificante de origen vegetal, que se extrae principalmente de manzanas y cítricos.

Dentro de los requisitos proximales acorde, INEN (2017) detalla las especificaciones para la elaboración de pastillas de goma en donde la temperatura debe mantenerse de 103 a 110°C a este proceso se le denomina fase de hebra y perla, la humedad máxima 10 - 25%, no se debe exceder el 50% azúcar, sabor agradable, buena textura, masticable y no pegajosa y cumplir con la norma para microbiología.

Requisitos proximales

Tabla 13

Requisitos para las pastillas de goma

Requisito	Min	Max	Método de ensayo
Humedad	-	25.0	NTE INEN 365
Sacarosa	-	50.0	AOAC 930.36

Nota. Requisitos específicos para la elaboración de gomitas. Autor: INEN (2017)

Requisitos microbiológicos

Las normas INEN han establecido los requisitos microbiológicos.

Tabla 14

Requisitos microbiológicos

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
NMP Coliformes fecales/g	5	< 3	-	0	NTE INEN 1529-6
Mohos y levaduras UFC/g	5	$5,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10
-caramelos duros y líquidos					
-caramelos blandos y toffes	5	$< 1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	1	NTE INEN 1529-10
-pastillas o comprimidos	5	$2,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	0	NTE INEN 1529-10
-grageas y turrone	5	$1,0 \times 10^3$	-	1	NTE INEN 1529-10
-gomitas	5	$3,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	0	NTE INEN 1529-10
Estafilococos aureus UFC/g		$< 1,0 \times 10^1$			NTE INEN 1529-14

Nota. Requisitos microbiológicos que deben cumplir los productos de confitería. Autor: INEN (2017)

UFC = unidades formadoras de colonias

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de lugar de Investigación

Ubicación Política

El presente estudio constó de tres fases, dos de ellas se realizaron en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, del Departamento Ciencias de la Vida en la Carrera de Agropecuaria IASA 1, ubicada en la parroquia de San Fernando, Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, y la tercera en las instalaciones del Centro Médico Club de Leones Carita de Dios, ubicada en Sangolquí, Cantón Rumiñahui.

Ubicación Geográfica

El laboratorio de Acuicultura y Recursos Acuáticos, se ubican geográficamente a una longitud de $78^{\circ} 24' 44'' E$; $0^{\circ} 23' 20'' S$ y una altitud de 2740 m.

Figura 7

Instalaciones de la Carrera de Agropecuaria



Nota: Ubicación de las instalaciones de la Carrera de Agropecuaria. Tomado de Google maps (2023)

El Centro Médico Club de Leones Carita de Dios, se ubica a una longitud de $S 78^{\circ} 27' 03.8'' O$; una $0^{\circ} 19' 38.7'' S$ y una altitud de 2550 m.

Figura 8

Instalaciones del Centro Médico Club de Leones Carita de Dios



Nota. Ubicación de la toma de sangre en el Centro Médico Club de Leones Carita de Dios. Tomado de Google maps, 2023

Materiales y Equipos

Materiales de laboratorio

Tabla 15

Materiales empleados en laboratorio, campo y producción de espirulina.

Espirulina	A. bromatológico	Campo	E. producto
Tubos de ensayo	Soporte universal	Botellones de 20 L	Gelatina sin sabor
Matraz 500 ml	Pinzas universales	Motores de aireación	Jarabe de glucosa
Frasco A. 1000 ml	Esferas de vidrio	Mangueras de aireación	Azúcar
Vaso de precipitación	Papel filtro	Malla sintética	Saborizante
Motores de aireación	Matraz de 250 – 500 ml		Molde de silicona
Cajas Petri	Papel aluminio		Recipientes plásticos
Mangueras de aireación			Termómetro
Botellones de 6 L			

Nota. Autoría propia

Equipos y reactivos

Tabla 16

Equipos y reactivos para producción y análisis bromatológico de la espirulina

Equipos	Reactivos
pH-metro	450 ml de acetona
Autoclave	300 ml de ácido clorhídrico
Timer digital	300 ml hidróxido de sodio
Microscopio óptico	
Espectrofotómetro	
Balanza analítica	
Plancha de calentamiento	
Estufa	
Cámara extractora de gases	
Equipo Soxhlet completo	
Luxómetro	
Liofilizador	
Incubadora	

Nota: Autoría propia

Medios de cultivo

Tabla 17

Medios de cultivo (análisis bromatológico)

Medio de Cultivo	Dosis
Chapman Stone Agar (CHA)	2.05 g
MacConkey (MK)	5 g
Eosina Methylene Blue Agar (EMB)	3.60 g
Potato Dextrose Agar (PDA)	8.9 g
Cetrimide Agar Base (CET)	4.53 g
CHROMagar Salmonella (SAL)	4.53 g

Nota. Autoría propia

Métodos

El proyecto se realizó en 3 fases:

1) Fase de laboratorio

Inoculación, producción y obtención de biomasa de espirulina para su respectivo análisis bromatológico.

2) Elaboración de gomitas con inclusión de espirulina

En el taller de postcosecha se realizó la elaboración de pastillas de goma con inclusión de espirulina de 1 g y 5 g, para posteriormente en el laboratorio de suelos y agua foliares realizar el análisis bromatológico, microbiológico, su valor nutricional y una prueba de análisis organoléptico.

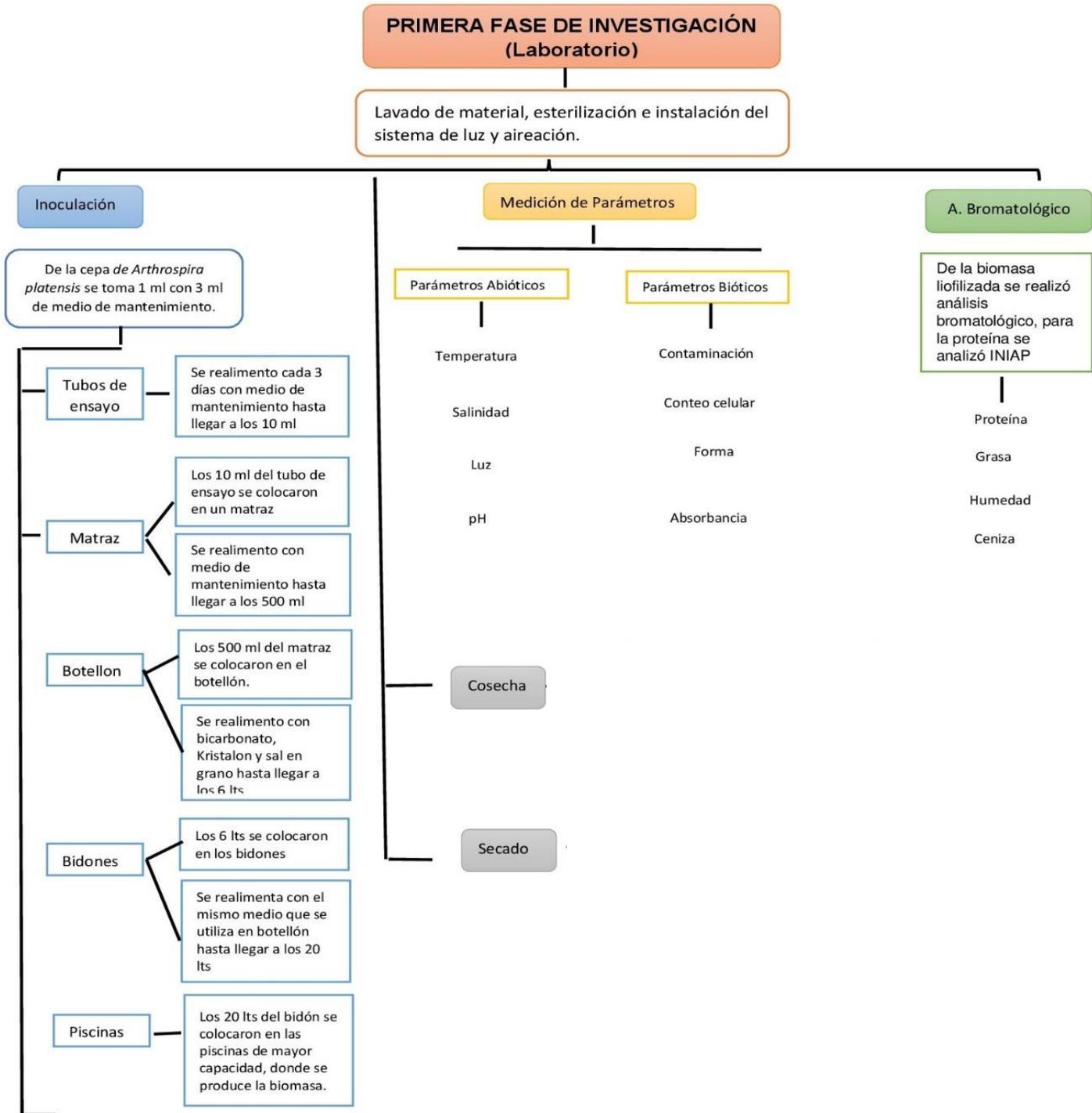
3) Tomas de sangre

Se tomó las muestras de sangre cada 20 días a las 7 estudiantes mujeres de la Carrera de Agropecuaria IASA -I para analizar su composición sanguínea al consumir pastillas de goma con espirulina durante 60 días.

I Fase de Laboratorio

Figura 9

Metodología primera fase de laboratorio



Medios

Medio de Mantenimiento

Es un medio de alimentación para la espirulina, está compuesto de dos soluciones A y B que se denomina medio Schlosser, las cuales después de ser preparadas por separado se deben autoclavar y una vez enfriadas combinarse asépticamente.

Se inició tomando de la cepa de *Arthrospira platensis* un 1 mL, la cual se colocó en un tubo de ensayo previamente esterilizado, se procedió a colocar con 3 mL de medio de mantenimiento Schlosser (Tabla 18), una vez que se haya establecido la espirulina, se cambia a matraces para obtener mayor volumen, seguido se cambia a botellones de 6 L y 20 L y finalmente se llega a piscinas con mayor capacidad de volumen y producción.

Tabla 18

Medio de mantenimiento para el cultivo de espirulina

Solución A		Solución B	
Agua destilada	500 ml	Agua destilada	500 ml
NaHCO ₃	13.61 g	NaNO ₃	2,50 g
Na ₂ CO ₃	4,03 g	K ₂ SO ₄	1,00 g
K ₂ HPO ₄	0,50 g	NaCl	1,00 g
		MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,20 g
		CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,04 g
		Solución metal PIV	6 ml
		Solución micronutrientes	1 ml
		Vitamina B12 (15 µg/100 ml H ₂ O)	1 ml

Nota. Autoría propia

Medio de Masificación

Este medio se empleó al pasar el cultivo de espirulina de matraces a botellones de 6 L (Tabla 19), y para botellones de 20 L.

Tabla 19*Medio de masificación para el cultivo de espirulina*

Medio de masificación	Macronutrientes (500 ml)	Micronutrientes (50 ml)
1 litro de agua purificada	500 ml de agua destilada	50 ml de agua destilada
10 g de bicarbonato	50 g de nitrato de potasio	0.5 g de sulfato de Fe quelatado
5 g de sal	5 g de fosfato monoamónico	
20 ml de macronutrientes	2.5 g sulfato de potasio	
1 ml de micronutrientes	2.5 g de sulfato de magnesio	

Nota. Recetario y dosis para cultivar espirulina. Autor: Ecospirulina (2020)

Medio de masificación modificado

Es un medio industrial, con el propósito de reducir costos de producción al cultivar espirulina en grandes volúmenes. El medio se basa en los productos bicarbonato de sodio y sal en grano. Los macronutrientes y micronutrientes (Tabla 20) fueron reemplazados por el fertilizante foliar Kristalon (12-12-36) a una dosis de 1 g L⁻¹.

Este medio se utilizó en las piscinas del invernadero de cristal y pailones.

Tabla 20*Medio de masificación modificado*

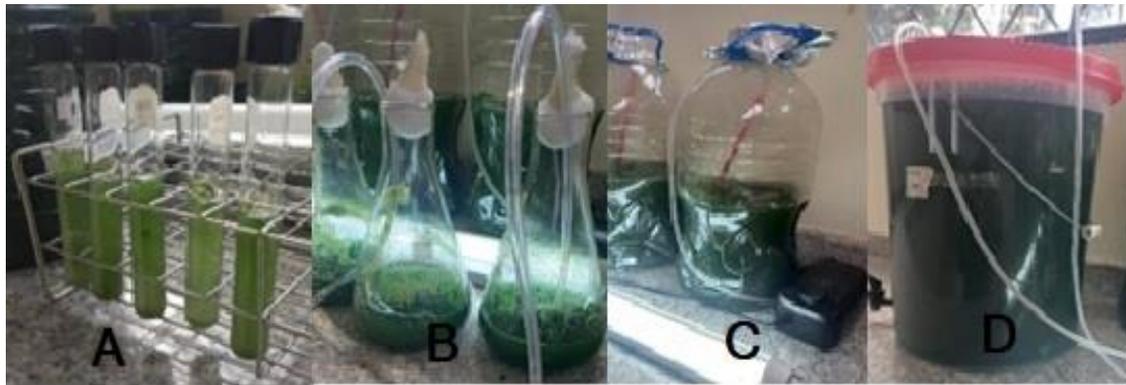
Insumo	Dosis
Bicarbonato	10 g/L
Sal en grano	5 g/L
Kristalón rojo	1 g/L

Nota. Autoría propia

En las etapas de tubos de ensayo, matraces, y botellones de 6 L se empleó luz artificial con un fotoperíodo de 12:12 luz y oscuridad. También se implementó aireación con motores de 2W a temperatura ambiente.

Figura 10

Proceso de producción de espirulina



Nota. A) Tubos de ensayo 10 ml, B) Matracas de 500 ml, C) Botellón 6lts, D) Bidón 20 lts.

Medición de parámetros

Parámetros Abióticos

Para esta medición se procedió a tomar 5 mL del cultivo de espirulina y colocarlo en un vaso de precipitación de 10 mL para poder analizar pH, y temperatura.

Figura 11

Medición parámetros abióticos



Nota. A) Selección de espirulina, B) medición de pH, T°

Parámetros Bióticos

Para determinar el nivel de absorbancia se utilizó un espectrofotómetro UV (GENESYS TM 10S), donde se agito al tubo de ensayo y se extrajo 1 mL del medio, el cual se colocó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm, que previamente debe estar calibrado.

Figura 12

Medición de parámetros bióticos



Nota. A) Selección tubo de ensayo 1 mL, B) Medición de absorbancia, C) Densidad celular

Tabla 21

Rendimiento de la espirulina

Etapas	Filamentos	Absorbancia
Tubo de ensayo	4.4×10^4	0.75
Matraz	1.6×10^5	0.96
Botellones 4 L	4.7×10^5	1.22
Bidones 20 L	6.2×10^5	1.31
Piscinas	7.1×10^5	1.40
Volumen cosechado	300 – 400 mL	
Volumen liofilizado	70 – 80 g	
Rendimiento por litro	2.500 L para producir 1 Kg de proteína	

Nota. Tiempo y frecuencia de cosecha 1 hora cada 7 días. Autoría propia

Análisis proximal de la espirulina

Para el análisis del contenido bromatológico de *Arthrospira platensis*, se realizaron las siguientes pruebas bromatológicas.

Tabla 22*Fórmulas para la determinación de análisis proximal*

Determinación de grasa por el método Soxhlet	Determinación de fibra por el método Gravimétrico	Determinación de ceniza por el método Gravimétrico	Determinación de Humedad
$\%G = \frac{B2 - B1}{m} * 100$	$\%F = \frac{A - B}{C} * 100$	$\%C = \frac{Pf - c}{M} * 100$	$\%H = \frac{M1 - M2}{M} * 100$
Donde: B1= Peso del balón inicial B2= Peso del balón con muestra final. m= Masa de la muestra en gramos	Donde: A= Peso papel + muestra B= Peso papel C= Peso de la muestra	Donde: Pf= Peso final C= Peso crisol M= Peso de la muestra	Donde: M= Peso de la muestra M1= Peso de la cápsula más la muestra M2= Peso de la cápsula más la muestra.

Nota. Autoría propia**Determinación de grasa por el método Soxhlet**

Para la determinación de grasa se inició pesando los balones con las esferas, posteriormente se pesó 3 g de espirulina previamente liofilizada en un dedal de papel filtro. Más adelante se armó el sistema de Soxhlet agregando 120 mL de etanol, esperando que realice 4 sifonadas y se retiró el dedal de la muestra recopilando la grasa de cada balón, posteriormente se dejaron los balones en la estufa durante 24 horas a una temperatura de 80 °C, se tomaron los datos obtenidos y se colocaron en la ecuación correspondiente.

Figura 13

Determinación de grasa por el método Soxhlet



Nota. Determinación de grasa de la espirulina.

Determinación de proteína

El contenido de proteína se analizó en el laboratorio de nutrición perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en la estación experimental Santa Catalina.

Determinación de fibra por el método gravimétrico

Se pesó 3 g de la muestra espirulina y se lo colocó en un matraz de 250 mL, añadiendo 100 mL de ácido clorhídrico, para después colocarlo en una placa de calentamiento hasta que llegue a ebullición por dos horas. Posteriormente se realizó la primera filtrada con un embudo y papel filtro, más adelante se lavó los residuos del matraz con 200 mL de agua destilada y el papel filtro con 100 mL de hidróxido de sodio, para colocar nuevamente el matraz en la placa de calentamiento por dos horas, hasta que se realice la segunda filtrada. Finalmente se colocó el papel filtro en la estufa a 80°C por 24 horas, se dejó enfriar para después ser pesada en la balanza analítica.

Figura 14

Determinación de fibra por el método gravimétrico



Nota. Determinación de fibra de la espirulina

Determinación de ceniza por el método el método gravimétrico

El crisol vacío se pesó, para después añadir 3 g de muestra de espirulina, después se quemó en una placa de calentamiento dentro de la cámara extractora de gases hasta que no salga humo, posteriormente se colocó en la mufla a 500°C por cuatro horas, donde se dejó enfriar y finalmente se pesó en la balanza analítica.

Figura 15

Determinación de ceniza por el método gravimétrico



Nota. Determinación de ceniza de la espirulina

Determinación de humedad

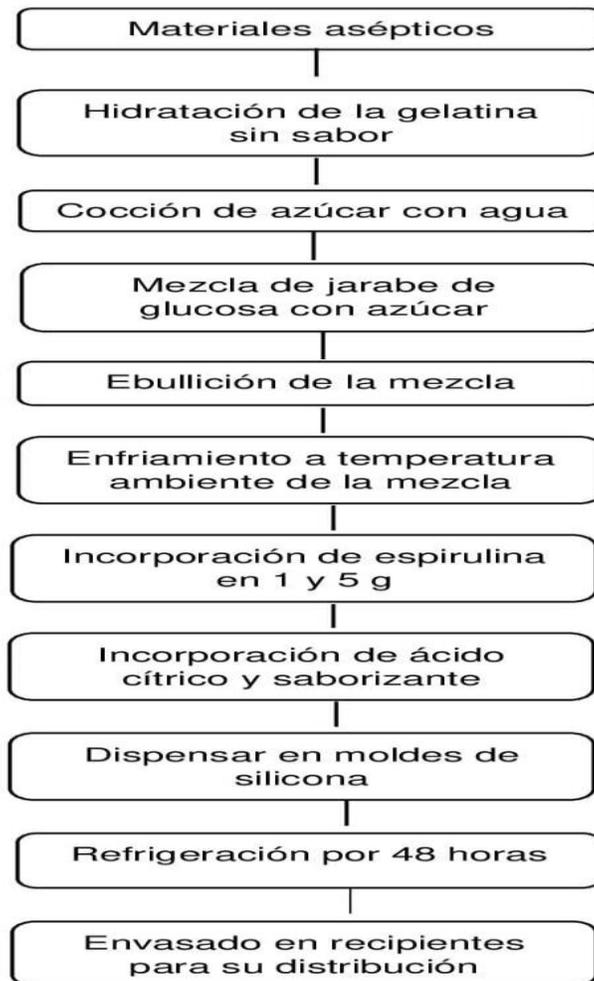
La cápsula vacía se pesó en la balanza analítica, se añadió 3 g de muestra, para colocarlo en la estufa a 100°C por 24 horas, finalmente se retiró la cápsula y se enfrió en un desecador para después pesar en la balanza.

II Fase

Elaboración de pastillas de gomitas con inclusión de espirulina

Figura 16

Diagrama de flujo proceso de elaboración de gomitas



Formulación de gomitas

Tabla 23

Ingredientes para la elaboración de gomitas por 100 mL

Ingredientes	Cantidades
Gelificante	15 g
Azúcar	5 g
Glucosa	15 g
Espirulina	1 - 5 g
Ácido cítrico	0.2 – 0.4 g
Saborizante	1-3 mL

Nota. Autoría propia

Elaboración de gomitas

Figura 17

Elaboración de las pastillas de goma con 1 y 5 g de espirulina



Nota: A) Hidratación del gelificante, B) Añadidura de azúcar, C) Mezcla y ebullición de agua con azúcar, D) Colocación de jarabe de glucosa, E) Espirulina en dosis indicadas, F) Solución de gomitas con espirulina, G) Saborizantes, H) Incorporación de ácido cítrico, F) colocación de la solución en los respectivos moldes, G) Desmoldado de las gomitas, K) Colocación en recipiente de polietileno gomitas de 1 y 5 g.

Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico para determinar la presencia de bacterias y hongos en las pastillas de gomas elaboradas con inclusión de espirulina mediante un aislamiento en cajas Petri con medios, se diluye una pequeña muestra de pastillas de goma en agua destilada previamente autoclavada, se empleó la técnica de rayado en estrías, posteriormente se colocó en la incubadora por 24 horas a 37 ° C. Para después analizar la presencia o ausencias de bacterias, hongos u otros microorganismos.

Figura 18

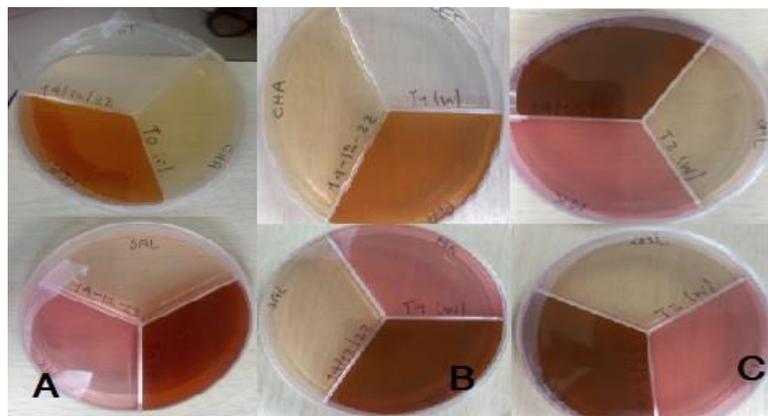
Proceso para el análisis microbiológico



Nota. A) Selección de medios, B) Colocación de medio en matraces, C) Dispensación de los medios en cajas Petri, D) Técnica de rayado, E) Incubación por 24 horas.

Figura 19

Cajas Petri con los diferentes tratamientos



Nota: A) T₀, T₁+1 g, T₂+5 g, sin presencia de bacterias, hongos u otros microorganismos.

Análisis proximal de las pastillas de gomas

El análisis proximal de un alimento es importante ya que nos indica la composición nutricional y nos permite la elaboración de dietas adecuadas a los requerimientos nutricionales de cada persona. Al igual que determinar la calidad del producto elaborado (Hidrolab, 2021). Bajo esta condición se realizó el mismo procedimiento que en la determinación proximal de la espirulina, se obtuvieron los resultados y se procedió a emplear las fórmulas correspondientes (Tabla 21).

Figura 20

Análisis proximal de las pastillas de goma



Nota. A) Determinación de grasa, B) Determinación de ceniza, C) Determinación de humedad.

Análisis Organoléptico

La prueba de análisis organoléptico se realizó a 10 estudiantes de la Carrera de Agropecuaria con edades comprendidas entre 20 y 25 años, mediante una encuesta con escala hedónica de 5 opciones con un puntaje de mayor a menor (Tabla 22).

Los estudiantes recibieron las 3 muestras de pastillas de goma aleatoriamente, los datos obtenidos de la prueba organoléptica fueron analizados mediante un ANOVA simple y la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 % para lo cual se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT.

Tabla 24

Escala hedónica de 5 puntos

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	No me gusta, ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

Nota. Autoría Propia

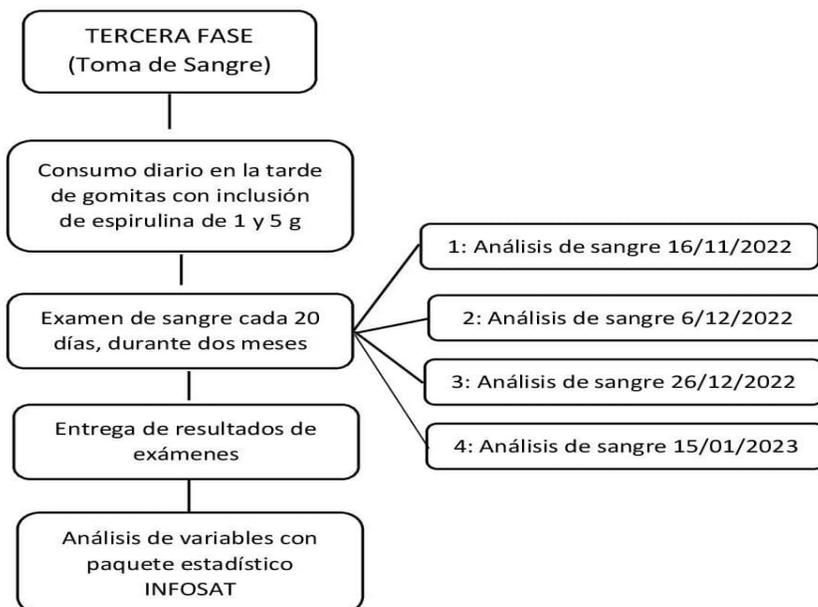
III FASE

Toma de muestras análisis sanguíneo

Esta fase consta de la toma de sangre de las estudiantes mujeres de la Carrera de Agropecuaria Iasa I, cada 20 días durante 8 semanas, para posteriormente evaluar las variables.

Figura 21

Diagrama de exámenes de sangre



Nota. Autoría propia

Tipo de Diseño

Para la presente investigación se aplicó un Diseño Completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = valor estimado de la variable

μ = media poblacional

τ = efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ = error experimental

Descripción de los tratamientos

Se aplicaron 3 tratamientos en la segunda fase del proyecto con 3 repeticiones y 7 unidades experimentales. (Tabla 24)

Tabla 25

Descripción de los tratamientos

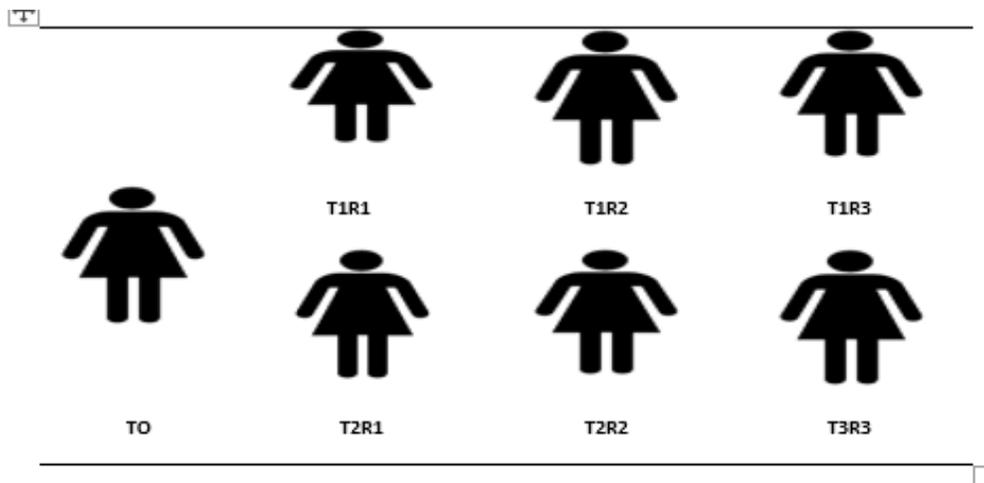
Tratamiento	Repeticón	Descripción
T0	R0	Pastillas de goma (Testigo)
	R1	
T1	R2	Pastillas de goma + 1 g de espirulina
	R3	
	R1	
T2	R2	Pastillas de goma + 5 g de espirulina
	R3	
	R1	

Nota. Autoría propia

Croquis Fase experimental

Figura 22

Croquis diseño experimental



Nota. Autoría propia

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA para un DCA y pruebas de comparación múltiple de LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95%. Se evaluaron las variables de hematocrito, hemoglobina, proteína, glucosa, glóbulos rojos y blancos, previo a la validación de los datos para normalidad y homocedasticidad. Para la variable hemoglobina se hizo una transformación (potencia) para que cumplan con los supuestos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Análisis proximal de la espirulina

El análisis bromatológico, muestra un contenido de proteína del (50.3%), grasa (5.87%), fibra (5.06%), ceniza (7.45%) y humedad de (587%). Estos valores pueden presentar diferencias a otros resultados obtenidos con espirulina, debido a las diferentes condiciones de producción (cepa, calidad, medio ambiente, etc.), sin embargo, estos valores están en los rangos máximos y mínimos encontrados por, Torres *et al.*, (2006).

Tabla 26

Resultados del análisis proximal de la espirulina

Componentes	Espirulina %
Proteína	50,33
Grasa	5,87
Fibra	5,06
Ceniza	7,45
Humedad	5,87

Nota. Autoría propia

Análisis proximal de las pastillas de goma

En la tabla 26 se muestra el análisis proximal de las pastillas de goma con espirulina para los tratamientos. El T₂ presenta un mayor contenido nutricional con (13.40%) de proteína, (5.73%) humedad, (4.30%) azúcares totales, valores que se encuentran dentro de lo sugerido por las normas, INEN (2017).

Tabla 27*Análisis proximal de los tres tratamientos*

Componentes	T0	T1	T2
Proteína	8.30	9.72	13.40
Grasa Totales	0	0	0
Humedad	5.20	5.32	5.73
Azúcares totales	4.31	4.30	4.30

*Nota. Autoría propia***Composición de pastillas de goma****Tabla 28***Formulación para la elaboración de pastillas de goma con 0 g de espirulina*

Materias primas	Cantidad (g)
Gelificante	30
Azúcar blanca	15
Jarabe de glucosa	20
Esencias	4
Ácido cítrico	1
Total	70

*Nota. Autoría propia***Tabla 29***Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 0 g de espirulina*

Composición	Unidad	Gelatina sin sabor	Azúcar	Jarabe de glucosa
Energía	Kcal	320	396.40	281
Proteína	g	80	0	0
Grasa total	g	0	0	0
Carbohidratos	g	0	99.10	76
Grasa S.	g	0	0	0
Sodio	mg	133,3	0	2

Nota. Autoría propia

Etiquetado nutricional de pastillas de goma 0 g de espirulina

En la tabla 29 se presenta la información nutricional de las pastillas de gomas con 0 g de espirulina donde se encuentra valores de (2.95 g) de proteína, (26.05 kcal), (3.69 g) carbohidratos, (4.97 mg) sodio.

Tabla 30

Información nutricional de las pastillas de goma con 0 g de espirulina

Información nutricional	1 porción (8 g)
Energía (Kcal)	26.05
Proteína (g)	2.95
Grasa Total (g)	0
Carbohidratos (g)	3.69
Grasa saturada (g)	0.3
Sodio (mg)	4,97

Nota. Autoría propia

Pastilla de gomas con 1 g de espirulina

Se empleó las mismas materias primas y cantidades de las pastillas de gomitas anteriores, a diferencia que se le añadió 1 g de espirulina.

Tabla 31

Formulación de pastillas de gomas con 1 g de espirulina

Materias primas	Cantidad (g)
Gelificante	30
Azúcar blanca	15
Jarabe de glucosa	20
Esencias	4
Ácido cítrico	1
Espirulina	1
Total	71

Nota. Autoría propia

Tabla 32

Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 1 g de espirulina

Composición	Unidad	Gelatina sin sabor	Azúcar	Jarabe de glucosa	Espirulina
Energía	Kcal	320	396,40	281	3.73
Proteína	g	80	0	0	0.65
Grasa total	g	0	0	0	0.082
Carbohidratos	g	0	99.10	76	0.151
Grasa Saturada	g	0	0	0	0.011
Sodio	mg	133,3	0	2	7

Nota. Autoría propia

Mediante el Solver se determinó la composición de los ingredientes en las pastillas de goma con 1 g de espirulina. Mientras tanto en la (Tabla 32) se obtuvo una energía de (26.09 kcal), (2.99 g) proteína, (3.66 g) carbohidratos. (5.75 mg) sodio que difieren mínimamente de los valores de las pastillas de goma con 0 g de espirulina (Tabla 29).

Etiquetado nutricional de pastillas de goma 1 g de espirulina

Tabla 33

Información nutricional de las pastillas de goma con 1 g de espirulina

Información nutricional	1 porción (8 g)
Energía (Kcal)	26.09
Proteína (g)	2.99
Grasa Total (g)	0
Carbohidratos (g)	3.66
Grasa saturada (g)	0
Sodio (mg)	5,74

Nota. Autoría propia

Pastilla de gomas con 5 g de espirulina

Para la formulación de pastillas de goma se utilizaron los mismos ingredientes con 5 g de espirulina.

Tabla 34*Formulación de pastillas de gomas con 5 g de espirulina*

Materias primas	Cantidad (g)
Gelificante	30
Azúcar blanca	15
Jarabe de glucosa	20
Esencias	4
Ácido cítrico	1
Espirulina	5
Total	75

Nota. Autoría propia**Tabla 35***Contenido nutricional de los ingredientes para las pastillas de goma con 5 g de espirulina*

Composición	Unidad	Gelatina sin sabor	Azúcar	Jarabe de glucosa	Espirulina
Energía	Kcal	320	396,40	281	18.65
Proteína	g	80	0	0	3.25
Grasa total	g	0	0	0	0.41
Carbohidratos	g	0	99.10	76	0.755
Grasa Saturada	g	0	0	0	0.055
Sodio	mg	133,3	0	2	35

Nota. Autoría propia**Etiquetado nutricional de pastillas de goma 5 g de espirulina**

En la (Tabla 34), se puede observar que los valores nutricionales son más altos de la espirulina a comparación de las composiciones nutricionales de 0 y 1 g de espirulina. En la (Tabla 35), se destacan valores de (3.11 g) proteína y (8.62 mg sodio), a diferencia de los valores obtenidos en las pastillas de goma de 0 y 1 g de espirulina.

Tabla 36*Información nutricional de las pastillas de goma con 5 g de espirulina*

Información nutricional	1 porción (8 g)
Energía (Kcal)	26.31
Proteína (g)	3,11
Grasa Total (g)	0
Carbohidratos (g)	3.52
Grasa saturada (g)	0
Sodio (mg)	8.62

Nota. Autoría propia**Análisis microbiológico**

No se evidenció el crecimiento de algún microorganismo (hongo, levadura, bacteria, etc.), lo que muestra que, el producto fue elaborado bajo las normas sanitarias y es apto para el consumo humano.

Tabla 37*Resultados análisis microbiológicos*

Componentes	T0	T1	T2
Mesófilos totales	-	-	-
Coliformes	-	-	-
Estafilococos	-	-	-
Mohos y	-	-	-
levaduras (37°C)	-	-	-

Nota. (+) presente, (-) ausencia, (+-) posible.**Análisis sensorial****Olor**

Se encontró diferencias significativas ($F=6,77$; $p=0,0064$) entre los diferentes tratamientos, utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de confiabilidad del 95%. Los

catadores mostraron una aceptabilidad elevada hacia el T₀ presentando una media de 5, en comparación al T₁ y T₂ con una media de 4.20 y 4 respectivamente.

Tabla 38

Promedio ± desviación estándar del olor en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos

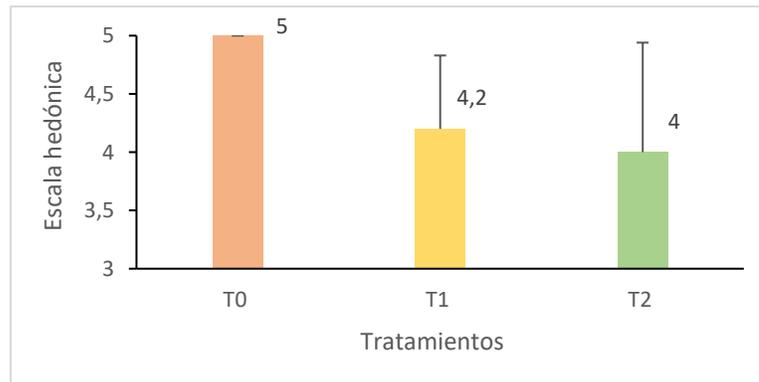
Tratamientos	Olor
T0	5,00 ± 0,00 a
T1	4,20 ± 0,63 b
T2	4,00 ± 0,94 b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 23 se observa el promedio de la variable olor para cada uno de los tratamientos, indicando así que el T₀ tuvo mejor aceptación, no obstante, el T₁ y T₂ con adición de espirulina no tuvieron mucha variación ya que tienen medias de 4.20 y 4 respectivamente.

Figura 23

Aceptación del olor en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Color

Se encontró diferencias significativas ($F=9,53$; $p=0,0015$) entre los diferentes tratamientos, utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de confiabilidad del 95%. Los catadores mostraron una aceptabilidad elevada hacia el T₀ presentando una media de 5, valor

correspondiente a “me gusta mucho” en comparación al T₂ con una media de 3,80, valor correspondiente a “ni me gusta ni me disgusta.”

Tabla 39

Promedio ± desviación estándar del color de pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos.

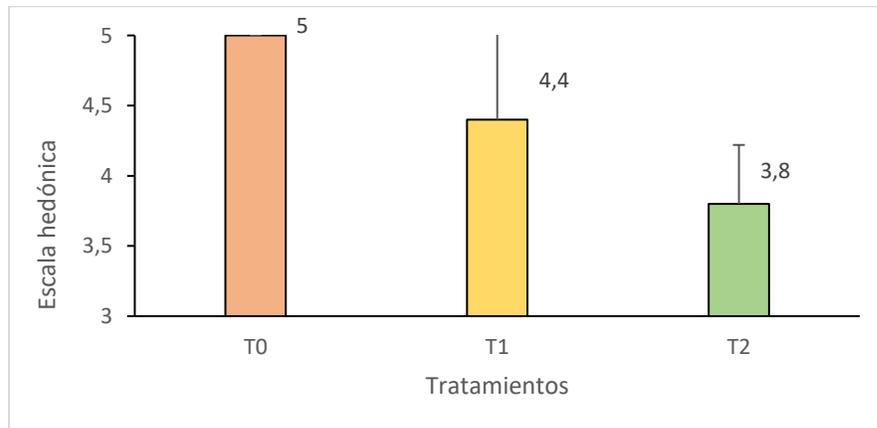
Tratamiento	Color
T0	5,00 ± 0,00 a
T1	4,40 ± 0,97 ab
T2	3,80 ± 0,42 b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 24 se observa la variable color para cada uno de los tratamientos indicando así que el T₀ tuvo mejor aceptación en comparación al T₂ que obtuvo menor calificación por parte de los catadores.

Figura 24

Aceptación color en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos diferentes.



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Textura

No encontró diferencias significativas ($F=1$; $p=0,3874$) entre los diferentes tratamientos. Los catadores mostraron una aceptabilidad similar entre el T₀, T₁ y T₂ presentando medias de 4.70, 4.60 y 4.40 respectivamente, valores correspondientes a que “gusta moderadamente.”

Tabla 40

Promedio \pm desviación estándar de la textura de pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos.

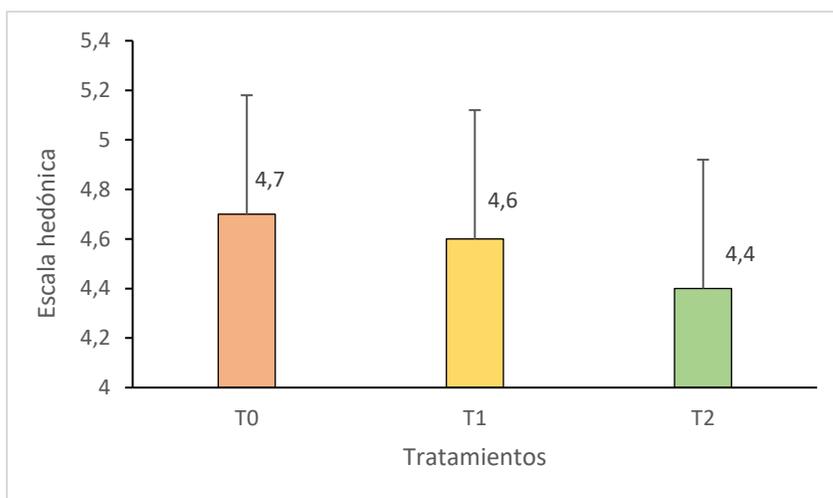
Tratamiento	Textura
T0	4,70 \pm 0,48 a
T1	4,60 \pm 0,52 a
T2	4,40 \pm 0,52 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En la figura 25 se observa el promedio de la variable color para cada uno de los tratamientos indicando así que hubo aceptación similar entre el T₀, T₁ y T₂.

Figura 25

Aceptación de la textura en pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Sabor

Se encontró diferencias significativas ($F=1,25$; $p=0,3109$) entre los tratamientos, utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de confiabilidad del 95%. Los catadores mostraron una aceptabilidad similar entre el T₀ y T₁ presentando medias de 4.30 y 4.50 respectivamente mientras que, el T₂ presentó un valor bajo con una media de 3.90, este valor corresponde a “no me gusta ni me disgusta.”

Tabla 41

Promedio \pm desviación estándar del sabor de pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos

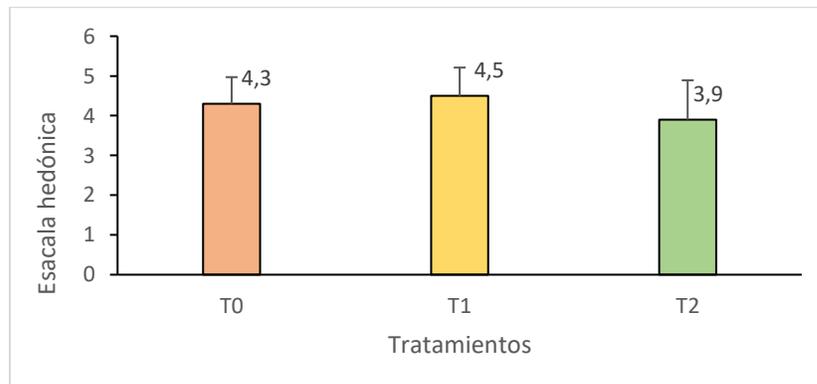
Tratamiento	Sabor
T0	4,30 \pm 0,67 a
T1	4,50 \pm 0,71 a
T2	3,90 \pm 0,99 b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En la figura 26 se observa el promedio de la variable color para cada uno de los tratamientos indicando así que hubo una aceptación similar entre tratamientos. Sin embargo, se puede destacar que el T₁ presenta un valor más alto ($\bar{X}=4,50$), indicando que “gusto moderadamente.”

Figura 26

Aceptación del sabor de pastillas de goma con espirulina bajo tres tratamientos



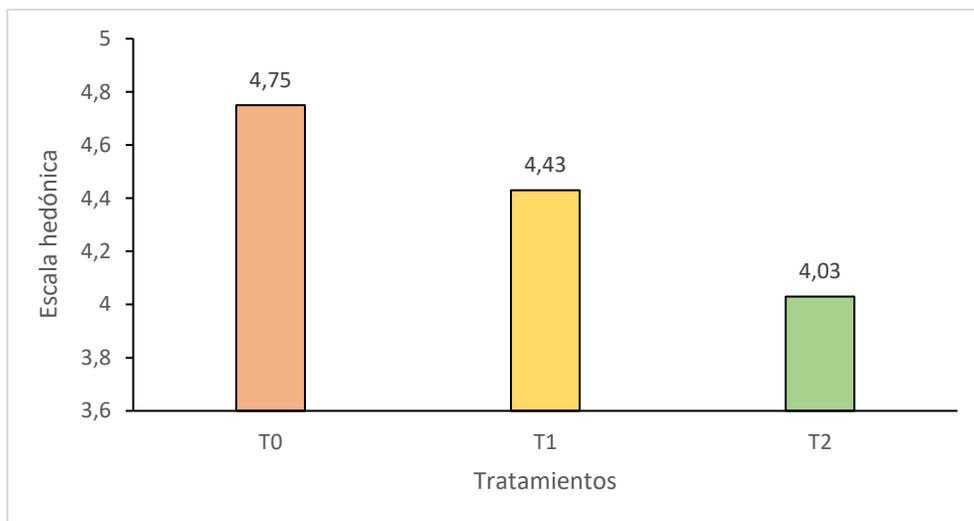
Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Aceptabilidad total

En la figura 27 se observa que el T₀ es el más aceptado por los catadores en la escala hedónica con una media de 4,75 valor correspondiente a “me gusta moderadamente”; el T₁ y T₂, presentaron valores menores al de Tratamiento testigo, pero aun así corresponden a “me gusta moderadamente.”

Figura 27

Diagrama de barras de la aceptabilidad general de las pastillas de goma con espirulina bajos tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Análisis Sanguíneo

Hematocrito

El hematocrito presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F=6,92$; $p=0,0041$), siendo el T₂ con (46.18%), ligeramente mayor al T₁ con una media (41.05%). Mientras que el T₀ no se diferenció del resto de los tratamientos

Tabla 42

Promedio \pm desviación estándar del nivel de hematocrito % en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina.

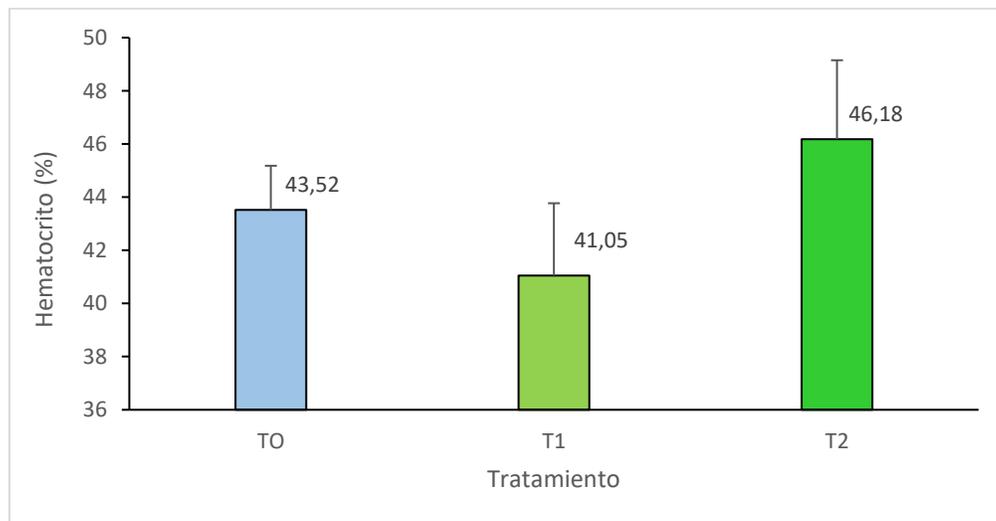
Tratamiento	N	Hematocrito
TO	4	43.52 \pm 1.66 ab
T1	12	41.05 \pm 2,72 b
T2	12	46.18 \pm 2.97 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

En la figura 28 se muestra que el T₂ presentó valores más altos de hematocrito en la sangre, en comparación al T₁, sin embargo, las medias de los tres tratamientos, se encuentra dentro del valor referenciado por el laboratorio 37.0 – 48.0 %.

Figura 28

Promedio \pm error estándar de los niveles de hematocrito % en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos.



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Hemoglobina

La hemoglobina presentó diferencias significativas entre los tratamientos. ($F=3.60$ $p= 0.0423$), siendo el T₂ con una media de (15.60 g/dL) mayor al T₀ y T₁ con medias (12.10 g/dL) y (12.20 g/dL) respectivamente.

Tabla 43

Promedio \pm desviación estándar del nivel de hemoglobina (g/dL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina.

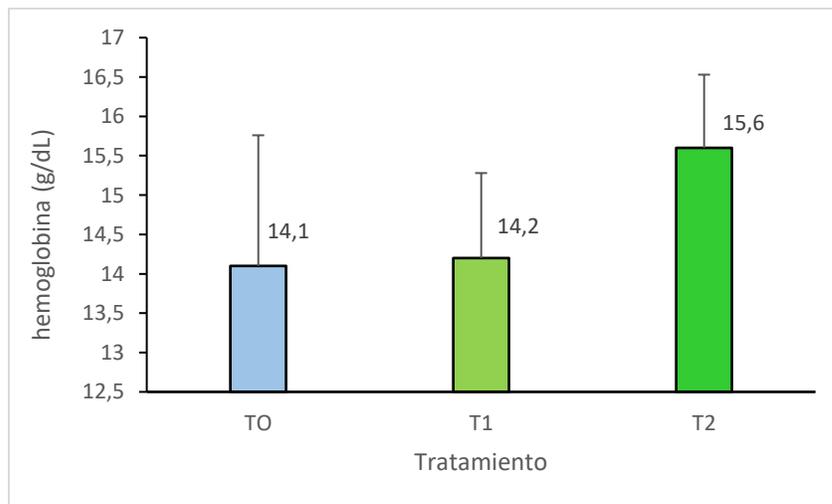
Tratamiento	N	Hemoglobina
T0	4	14.10 \pm 1.66 b
T1	12	14.20 \pm 1.08 ab
T2	12	15.60 \pm 0.93 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En la figura 20 se observa que el T₂ tuvo valores más altos de hemoglobina en la sangre a comparación de los niveles de hemoglobina del T₀ y T₁.

Figura 29

Promedio \pm error estándar de los niveles de hemoglobina (g/dL), bajo el efecto de tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Glucosa Basal

Se hallaron diferencias significativas para la glucosa basal entre los tratamientos ($F=4,04$; $p=0,0301$). Indicando que hubo un aumento en el contenido de la glucosa en el T₂ con 83.89 mg/dL mientras que el T₀ tuvo menor contenido de glucosa con 74.50 mg/dL.

Tabla 44

*Promedio \pm desviación estándar de glucosa basal (mg/dL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*)*

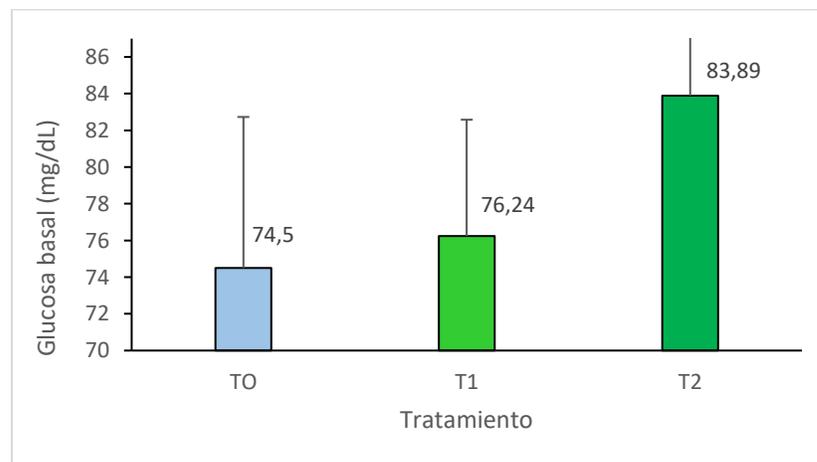
Tratamiento	N	Glucosa basal
T0	4	74.50 \pm 8.23 b
T1	12	76.24 \pm 6.34 ab
T2	12	83.89 \pm 8.36 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En la figura 30 se puede observar un aumento de la glucosa en la sangre, dado por el T₂, mientras que el T₀ muestra niveles bajo de glucosa en la sangre.

Figura 30

Promedio \pm error estándar de los niveles de glucosa basal mg/dL bajo el efecto de tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Proteína

No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, el T₀ y T₂ obtuvieron medias similares de 7.13 g/dL y 7.23 g/dL respectivamente, mientras que el T₁ presentó una leve reducción con una media de 6,92 g/dL.

Tabla 45

Promedio ± desviación estándar proteína (g/dL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (Arthrospira platensis)

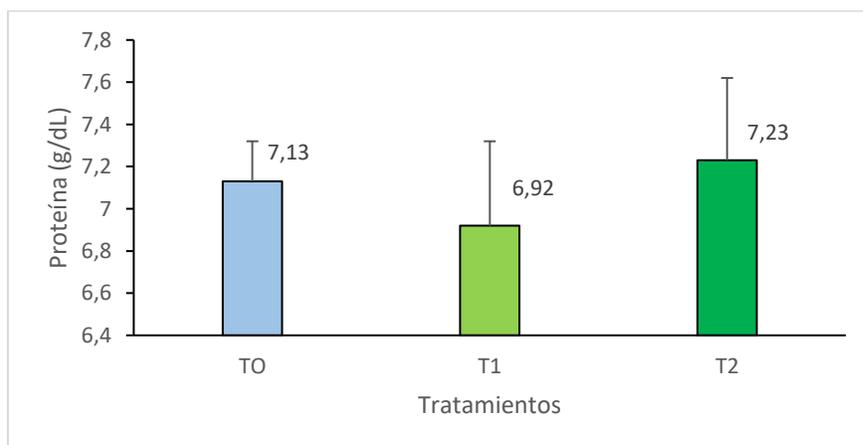
Tratamiento	N	Proteína
T0	4	7.13 ± 0.19 a
T1	12	6.92 ± 0.40 a
T2	12	7.23 ± 0.39 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

En la figura 31 se puede observar un leve aumento del nivel de proteína en el T₂, a comparación del T₀ y T₁, sin embargo, las medias obtenidas no son significativas.

Figura 31

Promedio ± error estándar de los niveles de proteína totales g/dL bajo el efecto de tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Glóbulos blancos

No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ($F=2.25$; $p=0.2387$), se obtuvo medias similares, en el T_0 (7.08×10^3 cel /mL), T_1 (6.02×10^3 cel /mL) y T_2 (6.36×10^3 cel /mL).

Tabla 46

*Promedio \pm desviación estándar del número de glóbulos blancos (10^3 cel /mL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*)*

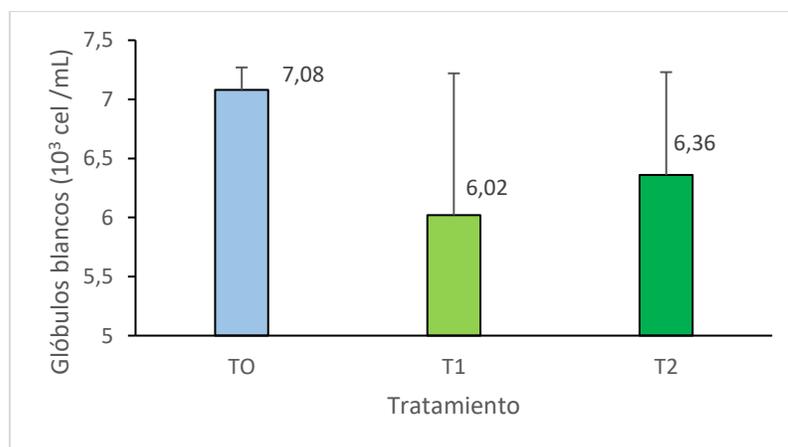
Tratamiento	N	Glóbulos blancos
T0	4	7.08 ± 0.19 a
T1	12	6.02 ± 1.20 a
T2	12	6.36 ± 0.87 a

Notas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En la figura 32 se observa un leve aumento en el contenido de glóbulos blancos del T_2 a diferencia del T_0 y T_1 , sin embargo, el valor de la media del T_2 no es significativo. Pero se encuentra dentro de los rangos referenciados por el laboratorio $5.0 - 10.0 \times 10^3$ cel /mL.

Figura 32

Promedio \pm error estándar del número de glóbulos blancos (10^3 cel /mL), bajo el efecto de tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Glóbulos rojos

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{2,25}=4,48$; $p=0,0216$). Siendo el T_2 ligeramente mayor con una media de ($4,99 \times 10^6$ cel /mL), a diferencia del T_0 con ($4,59 \times 10^6$ cel /mL) y T_1 ($4,73 \times 10^6$ cel /mL) que presentan medias similares.

Tabla 47

Promedio \pm desviación estándar del número de glóbulos rojos (10^6 cel /mL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con la inclusión de espirulina

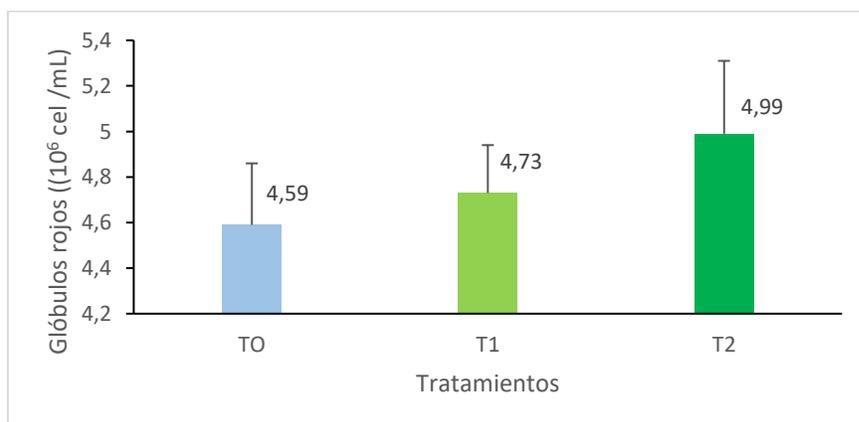
Tratamiento	N	Glóbulos rojos
T0	4	$4,59 \pm 0,27$ b
T1	12	$4,73 \pm 0,21$ b
T2	12	$4,99 \pm 0,32$ a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)

En la figura 33 se observa un aumento en el contenido de los glóbulos rojos en la sangre, dado por el T_2 , a pesar de que las medias del T_0 y T_1 tienen medias similares. Los valores de los tres tratamientos se encuentran dentro de los rangos referenciados por el laboratorio $4,0 - 5,0 \times 10^6$ cel /mL.

Figura 33

Promedio \pm error estándar del número de glóbulos rojos (10^6 cel /mL), en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos



Nota. T0 (Testigo), T1(1g espirulina), T2 (5g espirulina). Autoría propia

Discusión.

Los resultados del análisis proximal de las pastillas de goma muestran que el T₂ presenta un alto contenido de proteína de 13.40 %, seguido del T₁ con 9.72 %. Estos valores son relativamente bajos a los encontrados por, Camacho (2019) en la elaboración de gomitas con polioles y hierro, en la cual el valor de proteína fue de 14.43%. Hay que recalcar que la formulación propuesta en la presente investigación tuvo una fuente de proteína la espirulina.

El contenido de grasa total en el T₁, T₂ y T₃ tuvieron un valor de 0 g, ya que únicamente se utilizó azúcar, jarabe de glucosa y gelificante, que no aportan ninguna cantidad de grasa. Cabe recalcar que el porcentaje de grasa en la espirulina es de 5,87 %, valor que se encuentra dentro de la norma establecida por, INEN (2017).

Con respecto al contenido de humedad se tuvieron valores similares entre los tres tratamientos, T₁ (5.20%), T₂ (5.32%), y T₃ (5,73%), valores que están en los rangos de las normas INEN del 25 %, INEN (2017). Comparativamente, estos valores son inferiores a los encontrados por, Camacho (2019) con 19.85% y Tafur & Obregón (2019) con 12.31%.

De acuerdo con el análisis proximal de espirulina se obtuvieron valores que coinciden con la Norma Mexicana, misma que plantea el uso de la espirulina como fuente de proteína para consumo humano, además de ser cultivada bajo los protocolos estandarizados en el Laboratorio de Recursos Acuáticos y Acuicultura de la Carrera de Agropecuaria IASA I, NMX -F (1988).

El análisis microbiológico muestra que el producto tuvo un buen proceso de elaboración y un adecuado manejo del producto e ingredientes, ya que no existieron microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos o levaduras presente en los diferentes tratamientos, cumpliendo así con lo establecido por las normas, INEN (2012).

Los datos obtenidos en la composición nutricional de las pastillas de goma indican que el T₂ aporta 3.11% de proteína en una porción de 8 g, lo cual difiere de la investigación de, Tafur & Obregón

(2019) con 3.70 % en una porción de 30 g, esto se debe a que la porción analizada es mayor. De igual manera, en los productos obtenidos por, Torres (2019) y Herrera *et al.*, (2022) con 1% y 0.8% respectivamente. Estos valores nutricionales son bajos a comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

En cuanto a la energía medida en kcal, las pastillas de goma presentaron similar contenido en los tres tratamientos T₁ (26.05), T₂ (26.09) y T₃ (26.31), mientras que en el estudio realizado por, Tafur & Obregón (2019) obtuvieron valores energéticos de 106.13 kcal en 30 g de porción. Por otra parte, Ampudia (2019) menciona que en una porción de 2.5 g de pastilla de goma elaborado con tomate de árbol y tunas, obtuvo valores de 6 y 9 kcal.

El análisis sensorial determinó que el T₀ tuvo mayor aceptación por parte de los catadores en cuanto a las variables de olor y color, registrando una valor de 5, a diferencia de Tafur & Obregón (2019) donde indican que las gomitas enriquecidas con espirulina tuvieron una aceptabilidad de 83.33% (4). Mientras que el T₂ obtuvo valores inferiores a 5. Shamosh (2009), menciona que los productos elaborados con esta cianobacteria generan un aroma inusual similar a vegetales marinos, que proceden de la mezcla de aminoácidos con ciano-cobalamina. Por otro lado, el sabor de la espirulina se debe a la alta concentración de sales incorporadas en el cultivo, otorgándole un sabor amargo – salado.

En los análisis sanguíneos y durante los 60 días de consumo diario de gomitas de espirulina, la hemoglobina sostuvo un leve aumento en la química sanguínea del T₂ con una media de 15.60 ± 0.93 g/dL, la cual se encuentra dentro de los rangos 12.0 – 16.0 g/dL. Autores como, Sáenz & Valladares (2021) mencionan que la hemoglobina aumentó significativamente los valores en niños de edad escolar y que fueron alimentados con espirulina por 3 meses, llegando a valores de 0.218 a 0.633 según prueba de D de Cohen.

De la misma manera se establecieron resultados positivos en dietas con espirulina, en madres gestantes con el síndrome beta-talasemia menor heterocigótica, con valores importantes en hemoglobina 9.6 g/dL, Quiñones *et al.*, (2016).

Los resultados del hematocrito indica que el T₂, presenta valores significativos con una media de 46.18 ± 2,97 %, valores que coinciden el estudio de, Vladislavic(2016) donde obtuvo valores de 41,1 %. Por otro lado, Sachdeva *et al.*, (2017) encontró que el nivel de hematocrito aumentó de 40,9 ± 2,8 a 44,4 ± 2,4 %, en niños de 7-9 años, que fueron suplementados con dos cápsulas de espirulina.

La glucosa basal presenta valores significativos en el T₀ y T₂ mismos que se encuentran dentro de los rangos establecidos por el laboratorio 60 – 110 mg/dL. En este sentido, Hernández (2021) menciona que la ficocianina presente en la espirulina tiene la capacidad de activar la expresión de la glucoquinasa y la señalización de la insulina en el páncreas e hígado, facilitando el incremento de la síntesis de glucógeno hepático, lo que reduce la glucemia en el sistema sanguíneo.

Bohórquez (2017), menciona en su recopilación que el consumo de espirulina en la salud de las personas con diabetes actúa como efecto modulador en el metabolismo de la glucosa, mejorando la sensibilidad de la insulina, disminuyendo la hemoglobina glucosilada. Los pacientes de dicho estudio no tuvieron modificaciones en su dieta y medicamentos, y se les administró una dosis de 0,8 -2 g de espirulina por un periodo de 8 semanas obteniendo resultados favorables.

En estudios desarrollados con ratas diabéticas y tratadas con espirulina se obtuvieron con éxito el aumento de peso corporal y permitió la disminución significativamente los niveles de glucosa en la sangre, Anwer *et al.*, (2013).

Finalmente, los glóbulos rojos presentaron valores significativos en la presente investigación ($p < 0.05$) dentro de los rangos establecidos por el laboratorio de $4.0 - 5.0 \times 10^6 \text{ cel/mL}$. Las concentraciones de glóbulos rojos se relacionan con la concentración de hemoglobina en la sangre, misma que se encarga de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta las células de todo el cuerpo.

Sommer (2013) menciona que la clorofila y sus derivados como la clorofilina que, por sus características, ofrece una posibilidad muy tentadora en la terapia fotodinámica (TFD). La TFD se usa en terapias contra el cáncer y el incremento de los glóbulos rojos.

En las últimas décadas, la biomasa de espirulina ha incurrido en la elaboración de productos, como base de complementos alimenticios, aditivos e ingredientes. Se han elaborado galletas impresas en 3D, las cuales han sido favorables para los aspectos reológicos sin perder su característica visible como su color, Uribe *et al.*, (2021). Por otra parte, Oliveira *et al.*, (2021) menciona que la leche chocolatada con espirulina mejora la velocidad de sedimentación, aumentando la solubilidad y disminuyendo la higroscopicidad (< 10%). Se establece que la espirulina es una alternativa viable en cuanto a la alimentación, debidos a estudios citados y a los resultados obtenidos en la presente investigación.

En México y África la espirulina ha sido implementada en la salud como agente de reversión de desnutrición proteica, dando resultados positivos en ganancias de peso. Además, se indica que la ingesta de 1 g /día de espirulina reduce significativamente la prevalencia de la deficiencia de vitamina A, hasta un 70%. Por último, se ha evaluado a la espirulina como complemento de dietas de adelgazamiento, dando resultados positivos en los sujetos de estudio con una reducción de peso de 1.4 kg, Gutiérrez *et al.*, (2015).

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se formuló pastillas de goma isoproteicas e isocalóricas a base de gelificante, jarabe de glucosa y azúcar, con la adición de 1 y 5 g de espirulina, encontrándose valores altos de proteína del 13.40 % correspondiente al T₂ y 9.72% de proteína correspondiente al T₁.
- El contenido nutricional de las pastillas de goma se caracterizó por presentar mayor contenido de proteína en el T₂ con (3.11%), energía (26.31 kcal), grasa total y saturada de 0 g carbohidratos (3.52 g), y sodio de (8.62 mg), seguido por el T₁ con (2.99%) de proteína, (26.09 kcal), grasa total y saturada 0 g, carbohidratos de (3.66 g) y sodio (5.74 mg), y finalmente el T₀ presentó (2.95%) de proteína, (26.05 kcal), grasa total y saturada 0 g, carbohidratos (3.69 g) y sodio de (4.97 mg).
- Los análisis microbiológicos no presentaron presencia de microorganismos o patógenos en los distintos tratamientos, indicando así que el producto elaborado cumplió con los requisitos que plantea la norma (INEN, 2012) y pueden ser consumidos.
- De acuerdo con el análisis organoléptico se concluyó que el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T₀ sin adición de espirulina, con una media de 5 dentro de la escala hedónica, tanto para las variables de olor, color y sabor a excepción de la variable textura la cual presentó similitud entre los distintos tratamientos.
- En la evaluación de la química sanguínea de 7 estudiantes mujeres de la Carrera de Agropecuaria del IASA 1, el T₂ mostró valores significativos en la hemoglobina (15.60 ± 0.93 g/dL), hematocrito ($46.18 \pm 2.97\%$), glucosa basal (83.89 ± 8.36 mg/dL), glóbulos rojos ($4.99 \pm 0.32 \times 10^6$ cel/mL).

Recomendaciones

- Para mejorar la apariencia de las gomitas de espirulina se recomienda buscar cubiertas ya sean de chocolate o grageas, para ayudar así al consumidor a que observe de manera llamativa al producto, ya que por la clorofila de la espirulina hace ver la gomita de manera poco agradable.
- Mantener buenas prácticas de asepsia durante la elaboración de pastillas de gomas, ya que de esta manera se evitará la proliferación de microorganismos en el producto elaborado.
- Realizar estudios de tiempo de vida útil de las gomitas de espirulina.
- Extender el periodo de consumo de gomitas y a su vez proporcionar condiciones más homogéneas en cuanto a las dietas de cada consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, R., & Muñoz, M. J. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*, 65–71. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=91918202>
- Alexander Sera Blanco, R., & Moraima García Díaz. (2017). Información al día la increíble espirulina The unbelievable spirulina. *Medimay*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7987/full>
- Ampudia, E. (2019). “Creación de línea de productos de confitería: gomitas, caramelos suaves y deshidrataciones a base de tomate de árbol, tuna y granada dirigido a niños y adolescentes” [Tesis de Pregrado, Universidad de las Américas]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10531/1/UDLA-EC-TLG-2019-15.pdf>
- Anwer, R., Alam, A., Khursheed, S., Kashif, S. M., Kabir, H., & Fatma, T. (2013). Spirulina: Possible pharmacological evaluation for insulin-like protein. *Journal of Applied Phycology*, 25(3), 883–889. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9924-z>
- Arce, M. (2009). NOTA CIENTÍFICA Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Boletín Técnico*, 8.
- Asero, L. N. (2014). *Obtención de la espirulina en polvo por secado al vacío para el enriquecimiento nutricional de los productos alimenticios*. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2880/1/T-UCE-0017-82.pdf>
- Ayúcar, A. (2005). *Requerimientos nutricionales de energía y macronutrientes*. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11336/CC-77%20art%205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M. A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of Spirulina platensis fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT*, 84, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071>

- Barra, R., & Guartatanga, S. (2013). Diseño de un fotobioreactor industrial para el cultivo de spirulina (*Arthrospira platensis*). *Revista Tecnológica ESPOL*, 20. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8797/1/Dise%C3%B1o%20de%20un%20Fotobioreactor%20Industrial%20para%20el%20Cultivo%20de%20Spirulina.pdf>
- Barreto, M., & Chepe, V. (2021). *Cultivo de Spirulina platensis en diferentes niveles de pH y rendimiento de proteínas* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo"]. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9884/Barreto_Gonz%C3%A1les_Mery_Carmen_y_Chepe_Delgado_Ver%C3%B3nica_Matilde.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barros, C., & Buenrostro, M. (1999). *La alimentación prehispánica en la obra de Sahagún*. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-alimentacion-prehispanica-en-la-obra-de-sahagun>
- Belay, A. (2002). The potential application of spirulina (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *The Journal of the American Nutraceutical Association*, 5(2). <https://www.algbiotek.com/bilimsel/PDF%20Dosyalarrrrrr/sagliktaspirulinaninbesinselveterapotiktakviyelerakpotansiyelkullanimi.pdf>
- Bohórquez, S. (2017). *Efecto de la espirulina en el manejo de las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad* [Tesis de Posgrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5eb5a7ff-8fd6-4a39-869b-f97c9018318f/content>
- Borba, V., & Ferreira, L. (2019). *Cianobacteria Arthrospira (Spirulina) platensis: biotecnología e aplicacoes*. http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_19_Vivian_Borba.pdf

- Camacho, J. (2019). "Uso de polioles en la elaboración de gomitas hipocalóricas fortificadas con hierro hemo" [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callo]. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5644/CAMACHO_FIPA-2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Chen, C. L., Chang, J. S., & Lee, D. J. (2015). Dewatering and Drying Methods for Microalgae. *Drying Technology*, 33(4), 443–454. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.997881>
- Cho, J. A., Baek, S. Y., Cheong, S. H., & Kim, M. R. (2020). Spirulina enhances bone modeling in growing male rats by regulating growth-related hormones. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12041187>
- Cingi, C. (2011). Evalúan las probables propiedades terapéuticas de la espirulina. *Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC)*, 18, 535–537. <https://www.siicsalud.com/des/expertoimpreso.php/113156#:~:text=DESTACAN%20LAS%20PROBABLES%20PROPIEDADES%20TERAP%3%89UTICAS%20DE%20LA%20ESPIRULINA&text=Se%20presentan%20los%20probables%20efectos,antiviral%20en%20los%20seres%20humanos.>
- Cruz, G. (2022). *Manual para el cultivo artesanal de espirulina (Arthrospira spp.) en San Salvador Atenco, México* [Tesis de Pregrado Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/26746/1/250170.pdf>
- Díaz, P. (2018). *La Espirulina una Oportunidad Como Alimento Funcional*. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8816/10439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ecospirulina. (2020). *Manual práctico de cultivo de espirulina en casa*. <https://ecospirulina.es/wp-content/uploads/2020/04/manual-cultivo-espirulina-p19.pdf>

- FAO. (2000). *Necesidades nutricionales del Ser Humano*.
<https://www.fao.org/3/am401s/am401s03.pdf>
- FAO. (2008). *A review on culture, production, and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish*. <http://www.fao.org>
- Fernández, J. M. (2014). *Cinética del crecimiento de microalgas*.
<https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/index.html#>
- Giraldo, A. (2013). *Evaluación de cepas de microalgas para captura de dióxido de carbono* [Tesis de Pregrado, Universidad EAFIT].
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7377/Alejandra_GiraldoRave_2013.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- González, A. (2015, Octubre 15). *¿Qué son las microalgas? Interés y uso*.
<https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf>.
- Guerra, F. (2015b). *Elaboración de hojuelas de espirulina con sabor a menta edulcorado con miel de abeja para la empresa Andes-Spirulina T.* [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
- Guillermo, L., Mérida, R., Queiroz Zepka, L., & Jacob-Lopes, E. (2013). Fotobiorreactor: herramienta para el cultivo de cianobacterias. *Ciencia y Tecnología UTEQ*, 6, 9–19.
<http://spirulina.greennutritionals>.
- Gutiérrez, G., Fabila, L., & Chamorro, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 34–40.
<https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.9001>
- Gutiérrez, K. A., & Tello, L. A. (2018). *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha*

- [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<https://doi.org/10.19083/tesis/624916>
- Henrikson, R. (1994). *Microalga Spirulina Superalimento del Futuro*. Urano.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=139089>
- Hernández-, D., Arencibia, R., Linares-, D., Murillo, D., Bosques, J., & Linares, M. (2021). Condición nutricional y hábitos alimentarios en estudiantes universitarios de Manabí, Ecuador. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 27(1). https://renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_1_03._-20-0042.pdf
- Hernández, J. (2021a). Espirulina como producto natural con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 32(1), 1–21.
<https://orcid.org/0000-0001-5811-5896>
- Hernández, J. (2021b). *Espirulina como producto natural con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus*. <https://orcid.org/0000-0001-5811-5896>
- Herrera, N., Jurado, A., Severino, F., Coronado, M., Perales, I., & Rodríguez, V. (2022). *Diseño de planta y del proceso de elaboración de gomitas libres de azúcar añadida, hechas a base de mango de la Región de Piura* [Tesis de Pregrado Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5732/PYT_Informe_Final_Proyecto_Gomitas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hidrolab. (2021, December 18). *En qué consiste el análisis proximal de alimentos y por qué es tan importante*. <https://www.hidrolab.com/blog/en-que-consiste-el-analisis-proximal-de-alimentos-y-por-que-es-tan-importante/#:~:text=La%20importancia%20del%20an%C3%A1lisis%20proximal%20de%20alimentos&text=Revela%20el%20valor%20nutricional%20de,cumplan%20con%20los%20requerimientos%20legales.>

- Huarachi, R., Yapo, Ú., Dueñas, Á., González, R., Condori, J., Pacheco, D. G., & Soto, J. (2015). Adaptabilidad de Spirulina (*Arthrospira platensis*) en fotobioreactor tubular cónico bajo condiciones ambientales. *IDESIA*, 33, 103–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000100011>.
- Indesol. (2017). *Guía para la producción de Spirulina*. <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Producci%C3%B3n%20de%20Alimentos/Gu%C3%ADa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20Espirulina,%20nutrici%C3%B3n%20verde.pdf>
- INEN. (2017). *Productos de confitería, caramelos, pastillas, grageas, gomitas y turrone*s. *Requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2217-1.pdf>
- Jiménez, C., Cossío, B. R., Labella, D., & Niell, F. X. (2002). The feasibility of industrial production of Spirulina (*Arthrospira*) in Southern Spain. *Elsevier*. www.elsevier.com/locate/aqua-online
- Masojídek, J., & Torzillo, G. (2014). Mass Cultivation of Freshwater Microalgae. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00830-2>
- Mejorado, N. (2006). *Tecnología. Historia de la confitería. Alimentaria*. <https://docplayer.es/21309035-Confiteria-tecnologia-historia-de-la-confiteria-alimentar.html>
- Moncayo, M. F. C., Padilla, C. A. P., Argilagos, M. R., & Caicedo, R. G. (2021). Child malnutrition in Ecuador. A literature review. In *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* (Vol. 61, Issue 4, pp. 556–564). Instituto de Altos Estudios de Salud Pública. <https://doi.org/10.52808/BMSA.7E5.614.003>
- Montoya, D., & Erazo, V. (2013). *Memoria técnica del cantón Rumiñahui Proyecto: “Generación de geo información para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25 000.”* <https://docplayer.es/77802933-Memoria-tecnica-canton-ruminahui-proyecto-generacion-de-geoinformacion-para-la-gestion-del-territorio-a-nivel-nacional-escala-1-25-000.html>

- NMX -F. (1988). *NMX-F alimentos. Espirulina. Especificaciones. Normas mexicanas.*
<https://docplayer.es/67374850-Nmx-f-alimentos-espirulina-especificaciones-food-spirulina-especificaciones-normas-mexicanas-direccion-general-de-normas.html>
- Oliveira, T. T., Reis, I., Bastos, M., Silva, E., Fonseca, L., Druzian, J., Lordelo, P., Oliveira, A., Santos, E., Abreu, M., Lima, V., & Radomille, L. (2021). Microencapsulation of *Spirulina* sp. LEB-18 and its incorporation in chocolate milk: Properties and functional potential. *LWT*, 148.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111674>
- Ortiz, M., Cortés, C., Villarraga, J., Padilla, J., & Otero, A. (2012). Evaluación del crecimiento de la microalga *Chlorella sorokiniana* en diferentes medios de cultivo en condiciones autotróficas y mixotróficas. *Redalyc.Org*, 16, 11 | – 12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89625076002>
- Pango, A. (2021). *"Efecto de la espirulina (Arthrospira platensis) en parámetros productivos, morfometría intestinal y de tibia en pollos de engorde"* [Tesis de Grado Universidad Nacional Agraria la Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4732/pango-majuan-ana-paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ponce, E. (2013). Superalimento para un mundo en crisis: spirulina a bajo costo. *IDESIA*, 31, 135–139. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v31n1/art16.pdf>
- Quiñones, M., Campos, R., & Gil, L. (2016). Uso de la spirulina en gestante con betatalasemia menor heterocigótica. A propósito de un caso. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 15(2), 186–191. <http://scielo.sld.cu>
<http://scielo.sld.cu>
- Quintero, E., Arredondo, B., Flores, E., Virgen, M., Barrera, E., Carballo, M., & Maldonado, A. (2016). *Selección de un medio de cultivo a nivel de laboratorio para el cultivo de la Cianobacteria Spirulina (Arthrospira maxima) y cuantificación de los nutraceuticos* (Vol. 1, Issue 1). <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/4/91.pdf>

- Reardon, J. (2018). *Steve Troxler Commissioner North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Food and Drug Protection Division.*
- Riofrío, D. (2015). *Elaboración de gomitas en base a pulpa de remolacha (Beta vulgaris L).* [Tesis de Pregrado, Universidad tecnológica Equinoccial].
<https://1library.co/document/yd2vvk1q-elaboracion-de-gomitas-base-pulpa-remolacha-beta-vulgaris.html>
- Rodríguez, A., & Triana, F. (2006). *Evaluación del pH en el cultivo de Spirulina spp. (=Arthrospira) bajo condiciones de laboratorio.*
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8281/tesis261.pdf?sequence=1>
- Romero, L., Guevara, Á., Gómez, B., Arredondo, B., Cortez, R., & Licet, B. (2017). Producción de pigmentos procedentes de *Arthrospira maxima* cultivada en fotobiorreactores. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(1), 108–114.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n1.59671>
- Sachdeva, R., Kaur, R., & Kaur, J. (2017). Effect of Supplementation of Spirulina on the Haematological Profile and Intellectual Status of School Girls (7-9 years). *Journal of Human Ecology*, <https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905674>
- Sáenz, M., & Valladares, J. (2021). *“Bebida de spirulina (Spirulina platensis.), Cushuro (Nostoc commune) y carambola (Averrhoa carambola L.) para prevenir la anemia en escolares de la Institución Educativa Luis Fabio Xammar Jurado- Distrito de Santa María.*
https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6091/SAENZ%20y%20VALLADARES_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez, M., Bernal, J., Rozo, C., & Rodríguez, I. (2003). Spirulina (*Arthrospira*): an edible microorganism: A review. *Universitas Scientiarum*, 8, 7–24. <http://www.spirulinaresource.com/>

- Sandoval, D. (2017). *Evaluación del crecimiento de espirulina (Arthrospira platensis) mediante alternativas de fertilización orgánica e inorgánica y su masificación en condiciones de campo en la HDA. El Prado* [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14508/1/T-IASA%20I-005379.pdf>
- Serrano, L., Sierra, É., Álvarez, C., Narváez, P., Ramírez, D., Scott, O., Torres, J., & Godoy, R. (2011). *Efecto del hierro en el crecimiento y acumulación de lípidos en la microalga colombiana Chlorella vulgaris*. 8(1692–1798), 15–22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4991541>
- Shamosh, S. (2009). *Historia, nutrición, salud y ecología para generar estrategias de comunicación sobre la espirulina (A. maxima)* [Tesis de Grado Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://www.algaespirulina.mx/pub/uploads/PDF%20ESPIRULINA/1.pdf>
- Silos, C. (2021). *Efecto del medio de cultivo sobre el crecimiento y valor nutricional de Arthrospira maxima* [Tesis de Posgrado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/7409/TesisM.FCQ.2021.Efecto.Silos.PDF%28Versio%cc%81n%20pu%cc%81blica%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sisa, I. (2020, June 19). *658 muertes en Ecuador están relacionadas a la dieta poco saludable, según estudio*. Edición Médica. <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/658-muertes-en-ecuador-estan-relacionados-a-la-dieta-poco-saludable-segun-estudio-96030>
- Sommer, A. (2013). *Retención de clorofila en hidrocalcitas* [Tesis de Posgrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. https://theses.enscm.fr/ENSCM_2013_SOMMER-MARQUEZ.pdf
- Spirulina Source. (2005). *CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la versión francesa)*. <http://www.spirulinasource.com>

- Suárez, M. L. (2016). *Lección 4. Los organismos autótrofos: diversidad y adaptaciones*.
<https://www.um.es/documents/4874468/18049652/presentacion-leccion-04.pdf/85a61fda-9730-4f09-a062-b242ed668a01>
- Tafur, I., & Obregón Edith. (2019). *“Gomitas funcionales de cushuro (Nostoc commune) enriquecida con aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis) y espirulina (Arthrospira platensis), con sabor a frutas”* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/4051/TAFUR%20y%20OBREGON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, K. (2019). Evaluación de las características sensoriales y bromatológicas de una gomita de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) con adición de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). A.S.A.
- Torres, P., Paredes, M. C., Zamora, J., Díaz, J., & Juárez, M. A. (2006). Protective Effect of *Arthrospira maxima* on Fatty Acid Composition in Fatty Liver. *Archives of Medical Research*, 37(4), 479–483. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.08.005>
- Uribe, Z., Igual, M., Reino, J., García, P., & Martínez, J. (2021). Effect of microalgae (*Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*) Addition on 3D Printed Cookies. *Food Biophysics*, 16(1), 27–39. <https://doi.org/10.1007/s11483-020-09642-y>
- Vladislavic, S. (2016). *Consumo de Spirulina maxima y su efecto en el estado nutricional de niños de entre 5 y 15 años de la Unidad Educativa Tambo Aranjuez del Distrito 4 de la Ciudad de Sucre*. [Tesis de Posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar].
<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1088/1/2019-074T-DS06.pdf>
- Wong, K., Peter, & Cheung, C. (2001). Influence of drying treatment on three *Sargassum* species. *Journal of Applied Phycology*, 13, 43–50.