



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

Guamán Lara, Katherin Mishel

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 Ph.D.

13 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 (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I**, fue realizado por la señorita: **Guamán Lara, Katherin Mishel**; 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, 13 de febrero del 2023



**Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.**

C. C. 1709998163

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

13 de febrero del 2023

### Informe de originalidad

---

NOMBRE DEL CURSO  
Titulación UIC 202251

NOMBRE DEL ALUMNO  
KATHERIN MISHEL GUAMAN LARA

NOMBRE DEL ARCHIVO  
KATHERIN MISHEL GUAMAN LARA - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME  
13 feb 2023

---

#### Resumen

Fragmentos marcados	2	0,3 %
Fragmentos citados o entrecorillados	2	0,3 %

#### Coincidencias de la Web

unsa.edu.pe	2	0,2 %
upb.edu.co	1	0,2 %
espe.edu.ec	1	0,2 %



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

C. C. 1709998183



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Responsabilidad de Autoría:**

Yo, **Guamán Lara, Katherin Mishel**, con cédula de ciudadanía No. 1724807530, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Uso de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I**, 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, 13 de febrero del 2023

.....  
**Guamán Lara, Katherin Mishel**  
C.C.: 1724807530



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Autorización de Publicación:**

Yo, **Guamán Lara, Katherin Mishel**, con cédula de ciudadanía No. 1724807530 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Uso de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas 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, 13 de febrero del 2023

**Guamán Lara, Katherin Mishel**

C.C.: 1724807530

## **Dedicatoria**

A mi madre Martha por su amor, sus consejos, apoyo incondicional, por ser el motor de mi vida e impulsarme siempre a seguir adelante para cumplir mis sueños y dar todo lo mejor con esfuerzo y trabajo para que nunca me falte nada.

A mi padre Jorge por su amor, sacrificio y su compañía en mis noches de desvelo que, aunque ya no esté conmigo sé que se sentirá muy orgulloso de mí por la persona que me he convertido.

A mis hermanos Jessica y Alex por siempre brindarme su apoyo, buscar mi bienestar y estar siempre juntos a pesar de las alegrías y tristezas.

A mis tíos y abuelos por el aprecio y ayuda que siempre me han brindado.

**Katherin Mishel Guamán Lara**

## **Agradecimiento**

A Dios por permitirme llegar hasta este momento a pesar de los momentos difíciles que se han presentado en la vida y ser la guía y luz de mi camino.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a los docentes que conforman la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I por compartir sus conocimientos, experiencias y hacer de nosotros profesionales competentes.

Al Dr. Juan Ortiz, tutor de la investigación por su apoyo, paciencia, comprensión y sobre todo brindar su conocimiento y sugerencias para el desarrollo de la Unidad de Integración Curricular.

A la Ing. Daysi Muñoz por su paciencia, predisposición y asesoramiento oportuno en el proceso de la investigación.

A mis padres y familiares por el amor, motivación, apoyo incondicional, confianza en el transcurso de la carrera y ser mi respaldo para culminar este trabajo y cumplir mis sueños.

A mis compañeras Katherin, Dennise, Elizabeth, Gretty, Vanessa, Jessica por la confianza y aceptar participar en la investigación consumiendo las galletas con espirulina sin interés alguno.

**Katherin Mishel Guamán Lara**

## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	15
RESUMEN .....	17
ABSTRACT .....	18
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
Antecedentes .....	19
Justificación.....	20
Objetivos .....	21
Objetivo General .....	21
Objetivos Específicos.....	21
Hipótesis.....	22
Hipótesis alternativa (H1).....	22
Hipótesis nula (H0).....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
Espirulina.....	23
Clasificación taxonómica .....	23



Reproducción y ciclo de vida .....	24
Fases de crecimiento.....	25
Adaptación.....	25
Aceleramiento.....	25
Desaceleración.....	26
Estacionaria.....	26
Muerte.....	26
Factores que influyen en el crecimiento.....	26
Iluminación .....	26
Temperatura .....	26
Aireación y agitación .....	26
pH .....	27
Nutrientes .....	27
Composición nutricional.....	27
Producción a nivel mundial.....	30
La espirulina en el Ecuador .....	31
Uso en diferentes industrias .....	31
Cosmética.....	31
Farmacéutica.....	31
Acuicultura.....	31
Alimentación de animales domésticos.....	31
Alimentación humana.....	32
Galleta .....	32
Requisitos para galletas.....	32
Química sanguínea.....	33
Proteína total .....	33

Glóbulos rojos.....	33
Glóbulos blancos.....	34
Glucosa.....	34
Hematocrito .....	34
Hemoglobina .....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>35</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
Ubicación del lugar de la investigación .....	35
Materiales y equipos .....	36
Materiales de laboratorio.....	36
Equipos.....	37
Reactivos.....	37
Medios de cultivo.....	37
Métodos.....	38
Masificación de <i>Arthrospira platensis</i> en laboratorio.....	38
Cosecha de la biomasa de <i>Arthrospira platensis</i> en campo .....	40
Elaboración de galletas.....	41
Análisis proximal .....	42
Determinación de proteína por el método MO-LSAIA-01.04 .....	42
Determinación de grasa por el método de Soxhlet .....	43
Determinación de fibra por el método gravimétrico.....	43
Determinación de ceniza por método gravimétrico .....	44
Determinación de humedad por calentamiento en la estufa.....	45
Análisis microbiológico.....	46
Análisis sanguíneo .....	46
Análisis organoléptico .....	47

Diseño experimental .....	47
Tratamientos.....	47
VARIABLES EVALUADAS.....	48
Análisis sensorial.....	48
Química sanguínea .....	48
Análisis estadístico.....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
Análisis proximal de <i>Arthrospira platensis</i> .....	50
Análisis proximal de las galletas con dos dosis de espirulina y el testigo.....	50
Receta para elaboración de galletas .....	51
Galleta con 1 gramo de espirulina .....	52
Galleta con 5 gramos de espirulina .....	54
Análisis microbiológico.....	55
Análisis organoléptico .....	56
Olor .....	56
Color .....	57
Sabor .....	58
Textura.....	59
Análisis general de la aceptabilidad de las galletas con espirulina .....	60
Aceptación global de las galletas con espirulina.....	61
Análisis sanguíneo .....	62
Proteína .....	63
Glucosa.....	64
Glóbulos blancos.....	65
Glóbulos rojos.....	66

Hematocrito .....	67
Hemoglobina .....	68
Discusión .....	69
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
Conclusiones.....	73
Recomendaciones .....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Clasificación taxonómica de la espirulina.....</i>	24
<b>Tabla 2</b>	<i>Composición de macronutrientes de la espirulina en 100g de producto.....</i>	28
<b>Tabla 3</b>	<i>Composición mineral de la espirulina en 100g de producto.....</i>	28
<b>Tabla 4</b>	<i>Composición de vitaminas de la espirulina en 100g de producto.....</i>	29
<b>Tabla 5</b>	<i>Composición de aminoácidos esenciales y no esenciales de espirulina en 100g de producto.....</i>	29
<b>Tabla 6</b>	<i>Composición de los pigmentos de la espirulina en 100g de producto.....</i>	30
<b>Tabla 7</b>	<i>Clasificación de las galletas según su tipo.....</i>	32
<b>Tabla 8</b>	<i>Requisitos bromatológicos NTE INEN 2085:2005.....</i>	32
<b>Tabla 9</b>	<i>Requisitos microbiológicos para galletas recubiertas NTE INEN 2085:2005.....</i>	33
<b>Tabla 10</b>	<i>Preparación de medio de mantenimiento para el cultivo de Arthrospira platensis.....</i>	38
<b>Tabla 11</b>	<i>Insumos para la elaboración del medio de masificación para la espirulina.....</i>	39
<b>Tabla 12</b>	<i>Medio de masificación para espirulina para volúmenes grandes.....</i>	39
<b>Tabla 13</b>	<i>Contenido de Kristalón rojo.....</i>	39
<b>Tabla 14</b>	<i>Rendimientos de la espirulina.....</i>	41
<b>Tabla 15</b>	<i>Escala hedónica.....</i>	47
<b>Tabla 16</b>	<i>Descripción de los tratamientos de la investigación.....</i>	48
<b>Tabla 17</b>	<i>Croquis de la distribución de los tratamientos.....</i>	48
<b>Tabla 18</b>	<i>Resultados del proximal de la espirulina.....</i>	50
<b>Tabla 19</b>	<i>Resultados del análisis proximal de las galletas.....</i>	51
<b>Tabla 20</b>	<i>Formulación para la elaboración de galletas con 0g de espirulina.....</i>	51
<b>Tabla 21</b>	<i>Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 0g de espirulina.....</i>	52
<b>Tabla 22</b>	<i>Información nutricional de la galleta con 0g de espirulina (testigo).....</i>	52
<b>Tabla 23</b>	<i>Formulación para la elaboración de galletas con 1g de espirulina.....</i>	53
<b>Tabla 24</b>	<i>Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 1g de espirulina.....</i>	53

<b>Tabla 25</b>	<i>Información nutricional de la galleta con 1g de espirulina .....</i>	54
<b>Tabla 26</b>	<i>Formulación para la elaboración de galletas con 5g de espirulina.....</i>	54
<b>Tabla 27</b>	<i>Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 5g de espirulina.....</i>	55
<b>Tabla 28</b>	<i>Información nutricional de la galleta con 5g de espirulina .....</i>	55
<b>Tabla 29</b>	<i>Resultado del análisis microbiológico de las galletas con las dosis de espirulina .....</i>	56
<b>Tabla 30</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la aceptación sensorial para el olor de galletas enriquecidas con espirulina.....</i>	56
<b>Tabla 31</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la aceptación sensorial para el color de galletas enriquecidas con espirulina.....</i>	57
<b>Tabla 32</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la aceptación sensorial para el sabor de galletas enriquecidas con espirulina.....</i>	58
<b>Tabla 33</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la aceptación sensorial para la textura de galletas enriquecidas con espirulina.....</i>	59
<b>Tabla 34</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de proteína en sangre .....</i>	63
<b>Tabla 35</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de glucosa en sangre .....</i>	64
<b>Tabla 36</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de glóbulos blancos en sangre .....</i>	65
<b>Tabla 37</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de glóbulos rojos en sangre .....</i>	66
<b>Tabla 38</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de hematocrito en la sangre.....</i>	67
<b>Tabla 39</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del contenido de hemoglobina en sangre.....</i>	68

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ciclo de vida de la espirulina</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación IASA I</i> .....	35
<b>Figura 3</b> <i>Ubicación de las piscinas de espirulina pailones e invernadero</i> .....	36
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación del Laboratorio Clínico</i> .....	36
<b>Figura 5</b> <i>Fase de producción de biomasa de Arthrospira platensis en laboratorio</i> .....	40
<b>Figura 6</b> <i>Proceso de cosecha y liofilizado de la biomasa de Arthrospira platensis</i> .....	40
<b>Figura 7</b> <i>Diagrama de flujo de la elaboración de galletas</i> .....	42
<b>Figura 8</b> <i>Proceso de determinación de grasa</i> .....	43
<b>Figura 9</b> <i>Proceso de determinación de fibra</i> .....	44
<b>Figura 10</b> <i>Proceso de determinación de ceniza</i> .....	45
<b>Figura 11</b> <i>Proceso de determinación de humedad</i> .....	45
<b>Figura 12</b> <i>Proceso de análisis microbiológico de las galletas</i> .....	46
<b>Figura 13</b> <i>Aceptación del olor de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina</i> .....	57
<b>Figura 14</b> <i>Aceptación del color de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina</i> .....	58
<b>Figura 15</b> <i>Aceptación del sabor de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina</i> .....	59
<b>Figura 16</b> <i>Aceptación de la textura de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina</i> .....	60
<b>Figura 17</b> <i>Análisis general de la aceptabilidad de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina</i> .....	61
<b>Figura 18</b> <i>Aceptabilidad global de la galleta (testigo) con 0 gramo de espirulina</i> .....	61
<b>Figura 19</b> <i>Aceptabilidad global de la galleta con 1 gramo de espirulina</i> .....	62
<b>Figura 20</b> <i>Aceptabilidad global de la galleta con 5 gramos de espirulina</i> .....	62
<b>Figura 21</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en los niveles de proteína en sangre .....</i>	63
<b>Figura 22</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en los niveles de glucosa en sangre</i>	64

<b>Figura 23</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en la cantidad de glóbulos blancos en sangre.....</i>	65
<b>Figura 24</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en la cantidad de glóbulos rojos en sangre.....</i>	66
<b>Figura 25</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en el nivel de hematocrito en sangre .....</i>	67
<b>Figura 26</b> <i>Efecto del consumo de galletas con espirulina en el nivel de hemoglobina en sangre .....</i>	68



## RESUMEN

La espirulina es una cianobacteria, filamentosa, unicelular, cultivada en varios lugares del mundo por su alto valor nutricional y cualidades inmunológicas, es un producto completo que se usa para enriquecer pasteles, galletas, yogures, bebidas, barras de granola con el fin de disminuir la malnutrición en niños y adultos de las poblaciones más desfavorables, sin embargo estos productos se encuentran en el mercado en varias presentaciones nutricionales costosas, por esta razón, el presente estudio tuvo como objetivo elaborar galletas isoprotéicas e isocalóricas con la inclusión de tres dosis de espirulina (0, 1, 5g/cada 100 g de chocolate) para evaluar si el consumo de las galletas cambian la composición sanguínea de siete estudiantes del género femenino entre 22 a 28 años del IASA I por un período de 60 días, además de realizar pruebas bromatológicas, microbiológicas y sensoriales de las tres formulaciones para determinar la aceptabilidad del producto. Los mejores resultados se obtuvieron en las galletas con la inclusión de 5 gramos de espirulina que aumentaron el porcentaje de proteína en un 8.91%, grasa 5.18%, ceniza 1.09%, fibra 6.91% y humedad 7.25%. En la evaluación organoléptica el 76.66% de los encuestados tuvieron mayor aceptación por la galleta enriquecida con 1 gramo de espirulina. En el análisis microbiológico no se evidenció crecimiento de ningún microorganismo lo que indica que son aptas para el consumo humano. Finalmente, en el análisis sanguíneo hubo diferencias significativas para las variables: proteína ( $p=0.016$ ), glóbulos blancos ( $p=0,0089$ ), glóbulos rojos ( $p=0.0211$ ), hematocrito ( $p=0.0183$ ) y hemoglobina ( $p=0.0027$ ) con respecto al testigo, dichos valores se encuentran dentro de los rangos referidos por la OMS, lo que indica que la espirulina es un alimento altamente nutritivo ideal para enriquecer cualquier alimento de consumo habitual.

**Palabras clave:** *Arthrospira platensis*, galleta, química sanguínea, desnutrición, nutritiva.

## ABSTRACT

Spirulina is a cyanobacterium, filamentous, unicellular, cultivated in various parts of the world for its high nutritional value and immunological qualities, it is a complete product used to enrich cakes, cookies, yogurts, drinks, granola bars in order to reduce malnutrition in children and adults of the most disadvantaged populations, however these products are found in the market in various expensive nutritional presentations, for this reason, The present study aimed to elaborate isoproteic and isocaloric cookies with the inclusion of three doses of spirulina (0, 1, 5g/each 100 g of chocolate) to evaluate if the consumption of the cookies changes the blood composition of seven female students between 22 and 28 years of age from IASA I for a period of 60 days, in addition to performing bromatological, microbiological and sensory tests of the three formulations to determine the acceptability of the product. The best results were obtained in the cookies with the inclusion of 5 grams of spirulina, which increased the percentage of protein by 8.91%, fat 5.18%, ash 1.09%, fiber 6.91% and moisture 7.25%. In the sensory evaluation, 86.66% of the respondents had greater acceptance for the cookie enriched with 1 gram of spirulina. In the microbiological analysis, there was no evidence of growth of any microorganism, which indicates that they are suitable for human consumption. Finally, in the blood analysis there were significant differences for the variables: protein ( $p=0.016$ ), white blood cells ( $p=0.0089$ ), red blood cells ( $p=0.0211$ ), hematocrit ( $p=0.0183$ ) and hemoglobin ( $p=0.0027$ ) with respect to the control, these values are within the ranges referred to by the OMS, which indicates that spirulina is a highly nutritious food ideal for enriching any food of habitual consumption.

**Keywords:** *Arthrospira platensis*, cookie, blood chemistry, malnutrition, nutritious.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La espirulina (*Arthrospira platensis*) es una cianobacteria, filamentosa, unicelular, conocida así por su forma espiral, crece y se duplica en forma masiva en aguas saladas y alcalinas con disponibilidad de nutrientes específicos y factores óptimos de temperatura, pH, luz y agitación, Lima *et al.*, (2022). Su uso se remonta al año 1300 d.C., cuando los Aztecas lo extrajeron del lago Texcoco y lo usaban para hacer una torta seca llamada “techuitlatl”. Por otro lado, también se describe su uso en Chad – África donde era cosechada del lago Kossorom por los habitantes de Kanembu y utilizado para preparar una torta llamado “Dihé”, Abdulqader *et al.*, (2000). Actualmente su producción y consumo se ve incrementado en todo el mundo por su alto contenido nutricional en proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos que aportan beneficios a la salud de deportistas, personas con bajo peso o que tienen un desgaste intelectual y físico, de igual manera disminuye el riesgo de desarrollar ciertas enfermedades crónicas como: cáncer, diabetes, hipertensión, artritis en adultos mayores, Fleitas (2021).

La búsqueda de nuevos alimentos que aporten beneficios para la salud y satisfagan la demanda de los consumidores que buscan productos seguros y de calidad hacen de las microalgas un grupo de organismos alimenticios muy interesantes, Fleitas (2021). En los últimos años varios productos tradicionales han sido estudiados como portadores de la adición de la biomasa de microalgas, ya sea en pasteles, galletas, sándwiches, barras de granola, yogurt, bebidas, refrescos, como suplemento dietético o como fuente de colorante alimentario natural. Al ser productos con alta demanda, bajos costos de producción y de fácil elaboración pueden ser considerados un buen complemento para abastecer de alimentos nutritivos a la población local, Becker (2004).

Hay varios estudios que demuestran los beneficios de consumir espirulina a través de productos procesados, Lima *et al.*, (2022) analizaron la composición nutricional de las galletas

elaboradas con harina de trigo común y enriquecidas con 1%, 3% y 5% de biomasa de *Arthrospira platensis* mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico, en los resultados obtiene un aumento significativo en las galletas enriquecidas con 5% de espirulina con respecto al testigo, el contenido de proteína varió de 1.90% a 2.98%, el valor energético aumentó a 311.36 kcal, el contenido de ceniza fue de 0.74% en relación a los demás tratamientos. En el análisis microbiológico no encontró coliformes, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus* y *E. coli*, todas las muestras están dentro de los estándares sanitarios y aptos para el consumo. Evidenciando así, que agregar espirulina a los productos horneados aumenta el contenido nutricional de manera relevante.

### **Justificación**

La alimentación es una de las mayores necesidades de los seres humanos por la influencia en casi todos los ámbitos de la vida y sus posibles consecuencias en el funcionamiento físico y mental del cuerpo, Arias (2010), pese a esto, en la actualidad el mundo enfrenta un grave problema de malnutrición entendida como los déficits y desequilibrios en la energía humana y/o la ingesta de alimentos con falta de energía y nutrientes necesarios para una vida sana, lo que ha causado dos grupos de enfermedades: la desnutrición y el sobrepeso u obesidad. La desnutrición crónica infantil y la anemia en el Ecuador se encuentran entre los principales problemas de salud pública, afectando al 27.2% de los infantes menores de 2 años y a 1 de cada cuatro menores de 5 años, provocando pérdida de peso, retraso en el crecimiento, fatiga, mareos o malestar general, Naciones Unidas Ecuador (2021). Por otro lado, el sobrepeso y la obesidad también están asociados con un desequilibrio energético entre las calorías ingeridas y las gastadas, lo que conduce a enfermedades cardíacas, diabetes y cáncer. Para construir un sistema inmunológico más fuerte y mejorar el estado nutricional, se opta el uso de la microalga espirulina, la misma que aporta enormes beneficios; es rica en hierro, se absorbe más fácilmente que otros suplementos dietéticos, contiene la combinación más poderosa de nutrientes jamás vista en cualquier alimento, ideal para contrarrestar la

malnutrición proteica energética en niños, Vásconez (2017). Un estudio japonés con 8 mujeres jóvenes que restringen su dieta para mantener su delgadez desarrollaron anemia hipocrómica, después de consumir 4 g de espirulina diarios por 30 días, el contenido de hemoglobina en sangre aumentó de 10,9 a 13,2 ( $\pm$  21%), elogiando así a la espirulina para prevenir o mejorar cualquier condición o enfermedad crónica, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008).

Existen varias formulaciones de productos y galletas disponibles en el mercado que se basan en saborizantes, colorantes y preservantes de origen químico que contaminan y dañan el organismo, Arias (2010). El objetivo de la investigación es contribuir de manera positiva a la ciencia y a la sociedad con un producto sano y natural, mediante la elaboración de galletas enriquecidas con espirulina, destinado a jóvenes escolares y universitarios y especialmente a niños que sufren desnutrición infantil en el Ecuador, buscando crear nuevas alternativas de consumo, dando paso a la diversificación de la industria ecuatoriana, al mismo tiempo potenciar un producto que ya existe en el mercado dando un valor agregado para facilitar su comercialización.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de galletas enriquecidas con espirulina (*Arthrospira platensis*) en la química sanguínea de siete estudiantes del género femenino de la Carrera Agropecuaria IASA I.

### **Objetivos Específicos**

- Formular galletas isoprotéicas e isocalóricas con diferentes porcentajes de inclusión de espirulina.
- Caracterizar el contenido nutricional, proximal, microbiológico y organoléptico de las galletas con espirulina y el control.
- Evaluar la química sanguínea de siete estudiantes del IASA I con un consumo diario de galletas con espirulina.

## **Hipótesis**

**Hipótesis alternativa (H1):** “La inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano, cambia la composición sanguínea de las estudiantes del género femenino de 22 a 28 años del IASA I”.

**Hipótesis nula (H0):** “La inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano, no cambia la composición sanguínea de las estudiantes del género femenino de 22 a 28 años del IASA I”.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Espirulina**

El término “Spirulina” es utilizado para referirse a especies de ambos géneros tanto a “*S. platensis*” como a “*S. máxima*”, Vonshak & Tomaselli (2000). Es una cianobacteria de color verde azulado, considerada como microalga debido a su estructura filamentosa en espiral, Pedraza (1989), su estructura celular es la de una procariota simple, comparte características con las plantas por su capacidad de realizar la fotosíntesis, con las bacterias primitivas porque carecen de pared celular vegetal y con el reino animal porque en su membrana celular contiene azúcares complejos similares al glucógeno, Usharani *et al.*, (2012). Los filamentos o tricomas tienen un tamaño de 0.3 mm de longitud y 0.008 mm de ancho por lo que solo se observa bajo microscopio. La reproducción ocurre cada 24-72 horas por bipartición. Las dos variedades de espirulina más conocidas son la Lonar (muy espiral) y la Paracas (muy ondulada), Ecoespirulina (2020). Debido a la ausencia de membranas celulares y compuesta por una película de mucopolisacáridos es altamente digestible, alcanzando un valor de 88-92 % incrementando de inmediato la biodisponibilidad de sus componentes base, Kumar *et al.*, (2022).

#### **Clasificación taxonómica**

El género *Arthrospira* incluye una serie de cianobacterias comestibles vendidas comercialmente con el nombre de espirulina que están vinculadas con la relación taxonómica y filogenética. En la tabla 1 se presenta la revisión actual para este microorganismo.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la espirulina*

Dominio:	<i>Bacteria</i>
Filo:	<i>Cyanobacteria</i>
Clase:	<i>Cyanophyceae</i>
Subclase:	<i>Oscillatoriothycideae</i>
Orden:	<i>Oscillatoriales</i>
Familia:	<i>Phormidiaceae</i>
Subfamilia:	<i>Phormidioideae</i>
Género	<i>Arthrospira</i>
Especie:	<i>Arthrospira platensis</i>

*Nota.* Autores Vonshak & Tomaselli (2000)

**Reproducción y ciclo de vida**

Las células dispuestas en filamentos tienen la capacidad de propagarse por bipartición. En los extremos del filamento la división se produce con más frecuencia que en la zona intermedia. Esta fase se resume en tres etapas principales:

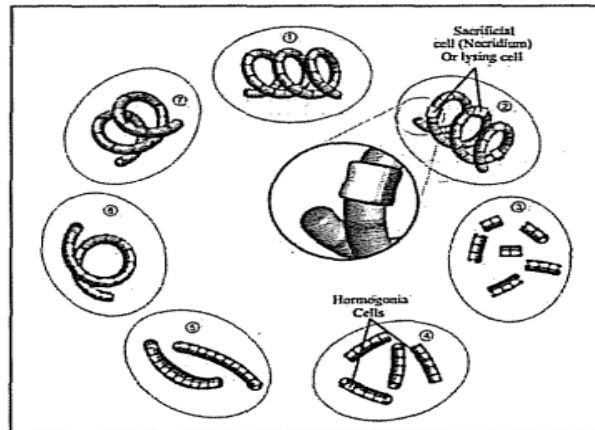
1. Fragmentación del tricoma
2. Ampliación de células del hormogonio y proceso de maduración
3. Alargamiento del tricoma

Todos los tricomas maduros se dividen en varios filamentos pequeños debido a la preformación de células especializadas, las llamadas células de necridio que se caracterizan por tener una apariencia granulosa, sus tabiques transversales se abomban fuertemente y la célula se vuelve bicóncava, la materia de la célula se reabsorbe para facilitar la fragmentación. La ruptura celular ocurre a través de áreas llamadas disyuntores. Durante este proceso el filamento crece de forma longitudinal y toma el aspecto típico helicoidal, Sánchez *et al.*, (2003).



## Figura 1

### Ciclo de vida de la espirulina



Nota. Tomado de Sánchez *et al.*, (2003)

### Fases de crecimiento

Para evaluar el crecimiento se verifica el aumento de la biomasa, se puede expresar directamente como número de células, masa seca, contenido de proteína, pigmento, medidos directamente o en unidades de volumen celular, calculado durante un período de tiempo o en una etapa de crecimiento particular. Las fases de crecimiento que atraviesa la espirulina son:

**Adaptación:** Es la primera fase de crecimiento de la cuál también depende el éxito del nuevo cultivo, en esta etapa las células del inóculo se adaptan a condiciones ambientales como pH, temperatura e iluminación o de tal forma se evidenciará un retardo del crecimiento o definitivamente la muerte de la cepa, no teniendo éxito en el cultivo.

**Aceleramiento:** En esta etapa, varios componentes estructurales se aumenta secuencialmente, comenzando con el ARN (ácido ribonucleico) seguido de la proteína y luego el peso individual, la concentración celular suele ser la última en mostrar este aumento.

**Exponencial:** Durante este período la tasa de crecimiento alcanza su máximo y se mantiene casi constante en ausencia de factores limitantes. En consecuencia, la concentración de células aumenta rápidamente, aunque normalmente no a valores muy altos.

**Desaceleración:** La división celular empieza a descender, debido al gran número de células. Durante este período la composición bioquímica de la biomasa cambia en contraste con la fase de aceleración.

**Estacionaria:** La concentración celular y la composición de la biomasa permanecerán constantes. Esto está asociado a bajas concentraciones de ciertos nutrientes esenciales o altos niveles de pH y oxígeno, pero la razón principal suele ser la transmisión de luz debido a las altas concentraciones de células.

**Muerte:** Ha finalizado el crecimiento, se reduce la biomasa, la tasa de mortalidad es más alta que la tasa de natalidad, aumenta la respiración con relación a la fotosíntesis, la ausencia de nutrientes causa la muerte celular o lisis, Arredondo & Voltolina (2007).

#### **Factores que influyen en el crecimiento**

**Iluminación:** Una intensidad de iluminación de  $13.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$  es suficiente para matraces, pero se requiere una intensidad de  $67.5$  a  $135 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}$ , para volúmenes más grandes, Arredondo & Voltolina (2007). Un filamento individual no tolera una exposición prolongada a la luz ya que puede ser destruido por fotólisis, por lo que la mayoría de microalgas suele usar un ciclo de luz-oscuridad de 10:14 o 12:12. Cada período produce una respuesta específica, durante el día se asimila el  $\text{CO}_2$  a través del ciclo de Calvin, que permite la formación de glicógeno como material de reserva en las células. Por la noche se dan reacciones bioquímicas para la síntesis de material proteico, Villegas (2017). La intensidad de luz a nivel de laboratorio puede variar de 2000 a 5000 luxes, Rodríguez & Triana (2006).

**Temperatura:** La tasa de crecimiento depende mucho de la temperatura, el rango recomendable para mantenimiento de la cepa es de  $18$  a  $22^\circ\text{C}$ , Arredondo & Voltolina (2007). El crecimiento máximo se alcanza a  $35$ - $38^\circ\text{C}$ , por encima de ésta el cultivo corre el riesgo de una rápida destrucción, Rodríguez & Triana (2006).

**Aireación y agitación:** La cepa que se mantiene en tubos o recipientes con volúmenes pequeños, no es necesario una aireación, basta una agitación manual diaria, en cultivos de

mayor escala la aireación debe ser ligera durante la fase de crecimiento, Arredondo & Voltolina (2007), ayuda a mejorar la eficiencia del transporte, evita que las algas se sedimenten y se adhieran a las paredes del reactor, homogeniza el pH, permite la difusión de gases y luz, promueve una distribución uniforme de la cianobacteria en el líquido, Villegas (2017).

**pH:** Determina la solubilidad del CO<sub>2</sub>, y de algunos minerales, así como la distribución relativa de las formas inorgánicas del carbono, que afectan directa o indirectamente al metabolismo de las microalgas. El rango óptimo está entre 8-11. El medio de cultivo se vuelve alcalino al consumir una fuente de carbono que produce bases como el NaOH. Una mayor biomasa aumenta la concentración de grupos hidroxilo en el medio debido a la descomposición del bicarbonato, Rodríguez & Triana (2006).

**Nutrientes:** Los medios preferidos para cultivar espirulina son: Zarrouk y SSM (Salino de mar). La concentración de sales en el medio varía entre 20 y 90 L<sup>-1</sup> siendo la principal fuente de carbono el bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) que se disocia en CO<sub>2</sub> para la síntesis de compuestos orgánicos, mientras que los iones OH<sup>-</sup> (hidroxilo) elevan el valor de pH hasta 11, el cuál es tolerado por la cianobacteria. Los iones como PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Cl<sup>-</sup> y cationes como Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup> son requeridos en funciones estructurales y metabólicas. La relación entre estos iones debe mantenerse para evitar antagonismo en la asimilación de nutrientes. Los micronutrientes actúan como catalizadores, mediadores o reguladores de reacciones enzimáticas y procesos fisiológicos, Rodríguez & Triana (2006).

### **Composición nutricional**

*Arthrospira platensis* es considerada un alimento altamente nutritivo, de fácil digestión y metabolización por su alto contenido de proteína, lo que le convierte en una de las mejores alternativas para combatir la desnutrición, tiene 65% de proteína más que el pescado 15-25%, soya 35%, leche en polvo 35%, maní 25%, huevos 12% y cereales 8-14%. La composición puede variar de acuerdo a la empresa productora, a continuación, se muestra el aporte

nutricional según la base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Henrikson (1994).

**Tabla 2**

*Composición de macronutrientes de la espirulina en 100g de producto*

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Proteína	g	57.47
Energía	kcal	290
Humedad	g	4.68
Grasas	g	7.72
Ceniza	g	6.23
Carbohidratos	g	23.90
Fibra	g	3.6
Agua	g	4.68

*Nota.* Tomado de United States Department of Agriculture (USDA, 2019)

La espirulina es baja en calorías para su aporte de nutrientes, más de la mitad de su peso está compuesto por proteína, tiene un aporte bajo en azúcares, lípidos y carbohidratos, lo que la hace muy adecuada para la fortificación nutricional de los productos.

**Tabla 3**

*Composición mineral de la espirulina en 100g de producto*

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Calcio	mg	120
Hierro	mg	28.5
Magnesio	mg	195
Fósforo	mg	118
Potasio	mg	1363
Sodio	mg	1048
Zinc	mg	2
Manganeso	mg	1.9

*Nota.* Tomado de United States Department of Agriculture (USDA, 2019)

La gran variedad de minerales que contiene la espirulina es: el fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre y hierro que se absorbe un 60% más que el sulfato de hierro y otros suplementos, necesario para el tratamiento de la anemia hipoférrica, Sánchez *et al.* (2003)

**Tabla 4**

*Composición de vitaminas de la espirulina en 100g de producto*

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Vitamina C	mg	10.1
Tiamina (B1)	mg	2.38
Riboflavina (B2)	mg	3.67
Niacina (B3)	mg	12.82
Ácido pantoténico (B5)	mg	3.48
Vitamina B6	mg	0.36
Vitamina A	IU	570
Vitamina E	mg	5
Vitamina K	µg	25.50

*Nota.* Tomado de United States Department of Agriculture (USDA, 2019)

La espirulina contiene vitaminas C, A, E, K y las del complejo B, se presentan en cantidades balanceadas, estado natural y más absorbibles que los suplementos sintéticos.

**Tabla 5**

*Composición de aminoácidos esenciales y no esenciales de espirulina en 100g de producto*

<b>Aminoácidos esenciales</b>		<b>Aminoácidos no esenciales</b>	
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>
Fenilalanina	2.77 g	Alanina	4.51 g
Isoleucina	3.20 g	Arginina	4.14 g
Leucina	4.94 g	Cisteína	0.66 g
Lisina	3.02 g	Glicina	3.09 g
Metionina	1.14 g	Histidina	1.08 g
Triptófano	0.92 g	Prolina	2.38 g
Treonina	2.97 g	Serina	2.99 g
Valina	3.51 g	Acido Aspártico	5.79 g
		Ácido Glutámico	8.38 g

*Nota.* Tomado de United States Department of Agriculture (USDA, 2019)

Nuestro cuerpo no puede sintetizar todos los aminoácidos no esenciales debido a la insuficiencia o ausencia de aminoácidos esenciales que provienen de los vegetales, en este caso el consumo de espirulina en diferentes dietas es necesario, porque contiene 9 de 13 aminoácidos no esenciales cumpliendo de esta manera los requerimientos del organismo.

### **Tabla 6**

*Composición de los pigmentos de la espirulina en 100g de producto*

<b>Pigmento</b>	<b>Valor</b>
Carotenoides	1400.1
Clorofila	7504.5
Ficocianina	132.500
Xantofilas	2200

*Nota.* Tomado de United States Department of Agriculture (USDA, 2019)

Los pigmentos de la espirulina constituyen el 20% de las proteínas. Las ficobilinas son compuestos fotosintéticos y dentro de estos se incluye la ficocianina con pigmento azul, la ficoeritrina es de pigmento rojo. La clorofila es el pigmento verde utilizado como aditivo alimentario en aceites, chicles, helados, refrescos, sopas instantáneas y productos lácteos. Entre otros pigmentos que contiene la espirulina están la xantofila, beta caroteno, zeaxantina, mixoxantofila, cantaxantina, oscilaxantina, ficobiliproteína, FAO (2008).

### **Producción a nivel mundial**

El cultivo de microalgas a menudo está estrictamente regulado y monitoreado por separado de la acuicultura, FAO (2020). A principios del siglo XXI, los registros de producción anual de espirulina solo existían en unos pocos países como China, que produjo 19 mil toneladas en 2003 y 41 mil toneladas en 2004. Se estimó que la producción mundial en el 2008 sea de 68,4 mil toneladas de las cuales 62, 3 mil toneladas provenían de China y 6 mil de Chile. Para el 2014 la cifra se incrementó a 90 mil toneladas, teniendo como principales productores a China, EEUU, India y Japón, Gutiérrez & Tello (2018).

## La espirulina en el Ecuador

La principal zona de producción se encuentra en Pintag a 30 km de Quito. El cultivo correspondiente a esta microalga es reconocido por el Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la salud (OMS) como el alimento más nutritivo del mundo. Se lleva a cabo en un sistema de unidades de producción único que consta de fosas de cultivo y piscinas bajo invernadero, se somete a un proceso de transformación dirigido y finalmente se convierte en un polvo de color verde, cuya tonalidad garantiza pureza y calidad para ser exportado a Estados Unidos, Perú, Colombia, Francia, Bélgica, Alemania y República Checa, Asero (2014).

## Uso en diferentes industrias

Se espera que en el Mercado Internacional las microalgas para consumo humano tenga una tasa de crecimiento anual superior al 5% hasta el 2023, Batista *et al.*, (2017), su uso se ha incrementado en estas cinco principales industrias:

**Cosmética:** Corrige los primeros signos de envejecimiento y previene las estrías, se usa en cremas para la cara porque atribuye propiedades antiacné, cicatrizantes y mejora la estructura de la epidermis hidratándose, Gioffre (2021).

**Farmacéutica:** Tiene efecto anticancerígeno, mejora el perfil hematológico, la presión arterial, la concentración de lípidos en la sangre, reduce la malnutrición proteica y evita el daño renal, Sachdeva *et al.*, (2004).

**Acuicultura:** Mejora la producción de la tilapia del Nilo, trucha arcoíris y gamba, Velásquez *et al.*, (2016). También se usa como biofertilizante en cultivos intensivos, donde se calienta por contacto y rompe las paredes celulares liberando aminoácidos como lisina, metionina y triptófano, haciendo que sea un excelente complemento biológico, Wuang *et al.*, (2016).

**Alimentación de animales domésticos:** Utilizado como suplemento dietético porque tiene respuesta inmunológica, mejora la fertilidad y el peso, hace que la piel esté sana, radiante e intensifique su color, Gutiérrez & Tello (2018).

**Alimentación humana:** Las más consumidas están *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* y *Arthrospira platensis*, comercializadas en presentaciones como: cápsulas, tabletas o en polvo, se mezclan fácilmente con agua u otros líquidos, a menudo se incorpora en aderezos, sopas, bebidas y salsas, Gutiérrez & Tello (2018).

## Galleta

Producto alimenticio elaborado a partir de la mezcla de harina de trigo pura o una mezcla de harinas con la adición de mantequilla, grasa vegetal, agua, distintos tipos de azúcares (sacarosa, miel de abeja, extracto de malta, otros) con o sin la incorporación de huevos, leche, almidón, polvo de hornear, sal, colorantes y aditivos permitidos según el tipo de galleta que se elabore, sometida a un proceso de amasado y horneado. Finalmente se obtiene un producto de consistencia semidura y crocante con formas variadas, FAO (2010).

## Tabla 7

*Clasificación de las galletas según su tipo*

Tipo I	Galletas Saladas
Tipo II	Galletas dulces
Tipo III	Galletas wafer
Tipo IV	Galletas con relleno
Tipo V	Galletas revestidas o recubiertas

*Nota.* Tomado de Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2005)

## Requisitos para galletas

## Tabla 8

*Requisitos bromatológicos NTE INEN 2085:2005*

Requisito	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
pH en solución acuosa al 10%	5,5	9,5	NTE INEN 526
Proteína % (%N x 5,7)	3,3	-	NTE INEN 519
Fibra %	-	10	NTE INEN 518
Ceniza %	-	3	NTE INEN 518
Humedad %	-	12	NTE INEN 518

*Nota.* Tomado de Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2005)



**Tabla 9***Requisitos microbiológicos para galletas recubiertas NTE INEN 2085:2005*

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras upc/g	3	$2,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10
<i>Estafilococos aureus</i>	3	$< 1,0 \times 10^2$	-	0	NTE INEN 1529-14
Coagulasa positiva ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-7
Coliformes fecales ufc/g	3	Ausencia	-	0	NTE INEN 1529-8

*Nota.* n= unidades de muestra; m = Nivel aceptación; M= Nivel rechazo; c= Unidades entre m y M.  
Tomado de Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2005)

### Química sanguínea

La química sanguínea es un examen de rutina recomendado por los médicos que brinda información sobre los cambios celulares, distribución y concentración de la sangre, permitiendo identificar enfermedades de todo tipo, además de determinar la concentración de los analitos como la glucosa, creatinina, urea, ácido úrico, colesterol, etc. Para verificar el funcionamiento de ciertos órganos como el hígado y los riñones, Labtek (2023).

### Proteína total

Las proteínas están formadas por aminoácidos y son indispensables para el buen funcionamiento del organismo, actuando como transportadoras, defensoras y forman parte de estructuras importantes del cuerpo, conformado por la suma de albúmina y globulina como proteínas principales, algunas se producen en el hígado mientras que otras en el sistema inmunitario. Valores óptimos en mujeres: 6.2-8.0 g/dL, Labtek (2023).

### Glóbulos rojos

También se denominan eritrocitos y dependen del género masculino o femenino, la edad y las condiciones ambientales. El recuento está relacionado con procesos respiratorios, nutricionales, medulares, infecciosos, traumáticos o autoinmunes, constituyen alrededor del 45% del volumen sanguíneo. Valor óptimo en mujeres: 4.000.000 – 5.200.000 células/mL, Rivadeneira *et al.*, (2020).

## **Glóbulos blancos**

La función principal de los leucocitos es defender al organismo de ciertas infecciones bacterianas, parasitarias o virales, inflamaciones, problemas de la médula espinal, problemas alérgicos del sistema inmunitario o inmunosupresión. Valores óptimos en mujeres: 5000-11000 células/mL, Rivadeneira *et al.*, (2020).

## **Glucosa**

Se relaciona con la cantidad de azúcar que el cuerpo puede absorber de los alimentos y convertirla en energía para realizar diversas funciones. Un examen de sangre puede ayudar a diagnosticar si un paciente tiene diabetes tipo I o tipo II, así como detectar niveles altos o bajos de glucosa en la sangre asociado con otras enfermedades. Valores óptimos en mujeres: 70-110 mg/dL, Labtek (2023).

## **Hematocrito**

Es el porcentaje de glóbulos rojos en relación con el plasma, utilizado para detectar anemia; patología provocada por diversas causas como la deficiencia de hierro, ácido fólico y vitamina B12, hemorragias o problemas nutricionales, también ayuda en el diagnóstico de policitemia y sus diversas causas. Valores óptimos en mujeres: 37-48%, Labtek (2023).

## **Hemoglobina**

Es una proteína adherida a los glóbulos rojos (eritrocitos) que ayudan a transportar el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> mediante la respiración desde los pulmones hacia los tejidos y viceversa, los cambios se asocian a anemias o enfermedades como talasemias. Valores óptimos en mujeres: 12-16 g/dL, Labtek (2023)

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### Ubicación del lugar de la investigación

La investigación se realizó en la Carrera Agropecuaria IASA I, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando.

##### Figura 2

*Ubicación IASA I*



*Nota.* Tomado de Google Maps (2023)

La fase inicial de producción de espirulina se desarrolló en el Laboratorio de Acuicultura bloque 6, ubicado a una longitud de 78°24' 44" E y una latitud de 0°23' 20" S. La biomasa de espirulina se obtuvo mediante cosechas continuas en las piscinas establecidas en el Proyecto Piscícola Pailones que se encuentra en longitud 78°24' 44" O y latitud 0°23' 20" S, a una altitud de 2940 m. La elaboración de las galletas se realizó en el taller de conservación y pos recolección.

### Figura 3

*Ubicación de las piscinas de espirulina pailones e invernadero*



*Nota. Cosecha biomasa de espirulina*

La toma de muestras y análisis sanguíneo se realizó en el Laboratorio Clínico “Club de Leones Quito Carita de Dios” ubicado en la calle Montúfar y Venezuela, frente al Parque Turismo de Sangolquí.

### Figura 4

*Ubicación del Laboratorio Clínico*



*Nota. Tomado de Google Maps (2023)*

### Materiales y equipos

#### Materiales de laboratorio

- 6 tubos de ensayo de 10 mL.
- 2 frascos de vidrio de 500 mL y 1000 mL.

- 6 matraces Erlenmeyer de 500 mL.
- 2 foco led.
- Micropipeta.
- Manguera plástica para pecera.
- Puntas para pipeta de 10  $\mu$ L y 1000  $\mu$ L.
- 3 motores aireadores para acuario.
- Esferas de vidrio
- Balones de destilación

### **Equipos**

- pH-metro
- Timer Digital
- Espectrofotómetro
- Plancha de calentamiento
- Estufa
- Mufla
- Cámara extractora de gases
- Equipo Soxhlet completo
- Liofilizador

### **Reactivos**

- 450 mL de acetona
- 300 mL de ácido clorhídrico
- 300 mL de hidróxido de sodio

### **Medios de cultivo**

- 2.05g de Chapman Stone Agar (CHA)
- 5g de MacConkey (MK)

- 3.60g de Eosina Methylene Blue Agar (EMB)
- 8.9g de Potato Dextrose Agar (PDA)
- 4.53g de Cetrimide Agar Base (CET)
- 4.53g de CHROMagar Salmonella (SAL)

## Métodos

### Masificación de *Arthrospira platensis* en laboratorio

Para el inicio de la producción de espirulina a nivel de laboratorio se utilizó tubos de ensayo, se tomó 1 mL de la cepa de espirulina y se colocó 3 mL del medio de mantenimiento preparado previamente, según indica Schlosser 1994 (Tabla 10), luego se homogenizó y fueron expuestos a iluminación artificial con fotoperiodos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, hasta obtener un volumen de 10 mL en cada tubo.

**Tabla 10**

*Preparación de medio de mantenimiento para el cultivo de Arthrospira platensis*

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

*Nota.* Tomado de Schlösser (1994).

Se procedió a colocar el contenido en matraces con 100mL del medio de mantenimiento, con tapones de gasa estéril, se implementó aireación permanente con un motor para acuario, se realimenta a la cepa con 100mL del medio hasta alcanzar un volumen de 500mL. Se escaló el cultivo a botellas de 4 litros y baldes de 20 litros realimentados con medio

de masificación (Tabla 11), tanto los macro y micronutrientes fueron preparados por separado para un volumen de 500mL y 50mL respectivamente.

**Tabla 11**

*Insumos para la elaboración del medio de masificación para la espirulina*

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

*Nota.* Manual práctico de cultivo de espirulina en casa. Tomado de Ecoespirulina (2020)

Finalmente, el contenido llegó a piscinas con capacidad de 600 litros las cuales eran realimentadas con los nutrientes que aportan el bicarbonato, sal en grano y kristalón rojo en las dosis que se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Medio de masificación para espirulina para volúmenes grandes*

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

*Nota.* Manual práctico de cultivo de espirulina en casa. Tomado de Ecoespirulina (2020)

**Tabla 13**

*Contenido de Kristalón rojo*

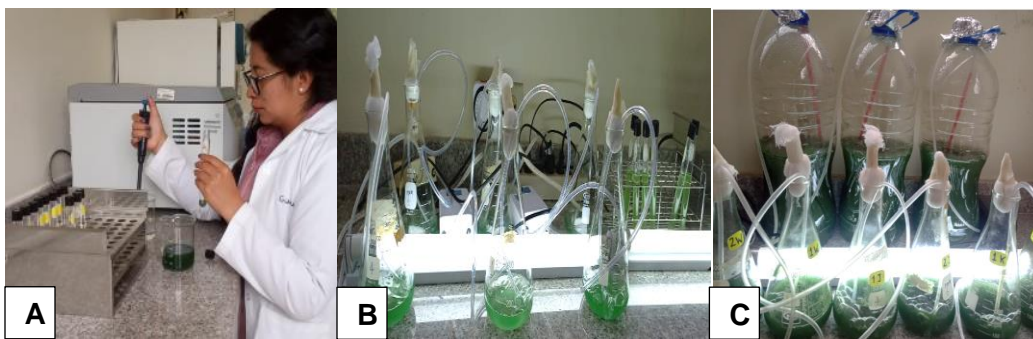
<b>Minerales</b>	<b>%</b>
Nitrógeno	12
Fosforo (P2O5)	12
Potasio (K2O)	36
Magnesio (MgO)	1
Azufre (SO3)	2.5
Boro (B)	0.025

Minerales	%
Cobre (Cu)	0.01
Hierro (Fe)	0.07
Manganeso (Mn)	0.04
Molibdeno (Mo)	0.004
Zinc (Zn)	0.025

Nota. Tomado de Agripac (2021)

## Figura 5

Fase de producción de biomasa de *Arthrospira platensis* en laboratorio



Nota. A) Inoculación de la cepa en tubos, B) Paso a matraces, C) Paso a botellas.

## Cosecha de la biomasa de *Arthrospira platensis* en campo

Se realizó semanalmente de las piscinas establecidas en campo, interrumpiendo la aireación por dos días para que se forme una nata espesa en la superficie, se filtró por una malla de 30-40 micras, esperando que la biomasa fresca se haga como una pasta verdosa, se recoge y se congela la muestra para proceder a liofilizar, la biomasa seca se molió y se almacenó en recipientes estériles de 50 g, se conservó en refrigeración a 4°C.

## Figura 6

Proceso de cosecha y liofilizado de la biomasa de *Arthrospira platensis*



Nota. A) Filtrado, B) Liofilización, C) Molido, D) Envasado



**Tabla 14***Rendimientos de la espirulina*

<b>Tiempos y frecuencia de cosecha:</b>		1 h cada 7 días	
	<b>Etapas</b>	<b>Filamentos/mL</b>	<b>Absorbancia (nm)</b>
Concentración:	Tubos de ensayo	4.4 x 10 <sup>4</sup>	0.75
	Matraces	1.6 x 10 <sup>5</sup>	0.96
	Botellas	4.7 x 10 <sup>5</sup>	1.22
	Baldes	6.2 x 10 <sup>5</sup>	1.31
	Piscinas	7.1 x 10 <sup>5</sup>	1.40
Volumen cosechado:	300 – 400 mL		
Volumen liofilizado:	70 – 80 g		
Rendimiento por litro:	2.500 L para producir 1 kg de proteína		

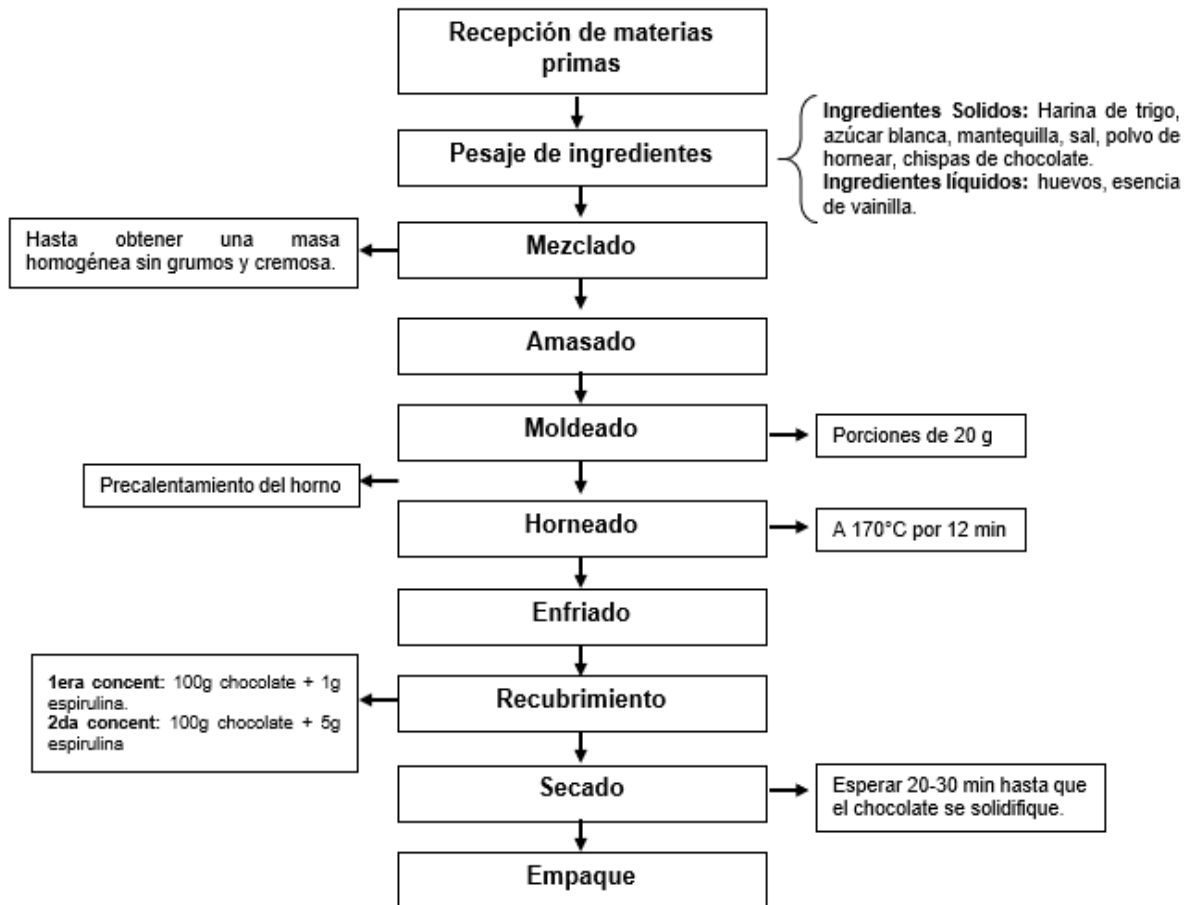
*Nota.* Autoría propia.

**Elaboración de galletas**

La formulación de la galleta se basa en una receta tradicional empleando como ingrediente principal la harina de trigo, además de materias primas adicionales que realzan el sabor y la textura de la galleta: mantequilla para humedecer la masa, huevos para dar consistencia, agentes potenciadores de sabor: sal, azúcar y esencia de vainilla, además de polvo de hornear para ayudar con la retención de gases y mejorar la estructura, Aguilar & Marcillo (2018). El proceso de la elaboración de la galleta se resume en el diagrama de flujo que se observa a continuación.

**Figura 7**

Diagrama de flujo de la elaboración de galletas



Nota. Autoría propia

### Análisis proximal

El análisis del contenido de proteína de las muestras de espirulina y galletas se realizó en el INIAP mientras que los análisis de grasa, fibra, ceniza y humedad se realizaron en el laboratorio de química del IASA I, empleando protocolos establecidos por las Normas Técnicas Ecuatorianas para alimentos.

### Determinación de proteína por el método MO-LSAIA-01.04

La 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 grasa por el método de Soxhlet

Pesar el balón de destilación con 7 esferas de cristal, añadir 3g de muestra molida en un dedal elaborado con papel filtro y colocar dentro del sifón soxhlet al armar el sistema, añadir 150mL de acetona hasta que caiga al balón (cada caída llamaremos sifonada), dejar fluir el agua por el refrigerante y encender la plancha de calentamiento a 250°C, realizar máximo 4 sifonadas, retirar el dedal con la muestra y extraer la mayor cantidad de acetona del balón hasta que solo quede la grasa, llevar a una estufa a 80°C por 24 horas, dejar enfriar y pesar. Los resultados se obtuvieron en porcentaje empleando la siguiente fórmula:

$$\%G = \frac{B2 - B1}{m} \times 100$$

Donde:

B1= Peso del balón inicial

B2= Peso del balón con muestra final

m= Masa de la muestra en gramos

### Figura 8

*Proceso de determinación de grasa*



Nota. A) Peso de la muestra, B) Adición de acetona, C) Destilación.

## Determinación de fibra por el método gravimétrico

Pesar 3 g de muestra, colocar en un matraz de 250mL, añadir 100mL de ácido clorhídrico, colocar en una placa de calentamiento hasta que llegue a ebullición por dos horas, realizar la primera filtrada con un embudo y papel filtro, lavar los residuos del matraz y el papel filtro con 100mL de hidróxido de sodio, colocar nuevamente en la placa de calentamiento por

dos horas, filtrar por segunda vez. Finalmente colocar el papel filtro en la estufa a 80°C por 24 horas, dejar enfriar y pesar.

Los resultados se obtuvieron en porcentaje empleando la siguiente fórmula:

$$\%F = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

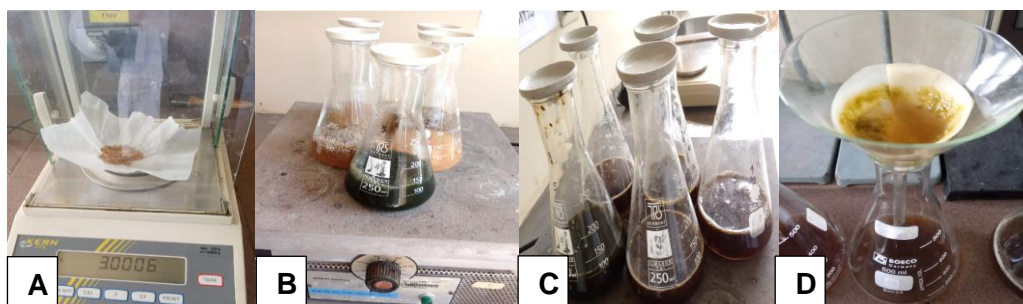
A= Peso papel + muestra

B= Peso papel

C= Peso de la muestra

### Figura 9

*Proceso de determinación de fibra*



Nota. A) Peso de la muestra, B) Cocción con ácido clorhídrico, C) Cocción con hidróxido de sodio, D) Filtrado.

### Determinación de ceniza por método gravimétrico

Pesar el crisol vacío, añadir 3 g de muestra, quemar en la cámara extractora de gases en una placa de calentamiento, introducir en la mufla a 500°C por 4 horas, dejar enfriar y pesar.

Los resultados se obtuvieron en porcentaje empleando la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{Pf - C}{M} \times 100$$

Donde:

Pf= Peso final

C= Peso crisol

M= Peso de la muestra

## Figura 10

### Proceso de determinación de ceniza



Nota. A) Peso de la muestra, B) Quema de la muestra, C) Secado en la mufla.

## Determinación de humedad por calentamiento en la estufa

Pesar la cápsula vacía, añadir 3 g de muestra, colocar en la estufa a 100°C por 24 horas, retirar la cápsula, dejar enfriar y pesar.

Los resultados se obtuvieron en porcentaje empleando la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{M1 - M2}{M} \times 100$$

Donde:

M= Peso de la muestra

M1= peso de la cápsula más muestra húmeda

M2= Peso de la cápsula más muestra seca.

## Figura 11

### Proceso de determinación de humedad



Nota. A) Peso de la muestra, B) Secado en estufa, C) Peso final humedad.

## Análisis microbiológico

Se preparó medio de cultivo EMB para aislar enterobacterias y coliformes, MK para aislar coliformes, SAL para aislar salmonella, CHA para aislar estafilococos, PDA para el recuento de mohos, levaduras, CET para aislar pseudomonas. Se preparó 65mL de cada medio, se diluyó el producto en agua destilada usando un microondas, se autoclavó, se dispensó el líquido en cajas petri, se esperó 30 minutos hasta que se solidifique el medio, se diluyó las muestras de cada galleta con agua autoclavada en morteros y se sembró 5 µl empleando la técnica de rayado en estrías, se selló con papel parafilm. Finalmente se colocó en la incubadora a 36°C por 24 horas y se verificó el crecimiento de algún microorganismo.

### Figura 12

*Proceso de análisis microbiológico de las galletas*



Nota. A) Medios de cultivo, B) Dilución, C) Dispensación, D) Siembra, E) Incubación, F) Identificación.

## Análisis sanguíneo

Se comprueba la identidad del paciente mediante la cédula de identidad, se registra la información necesaria como: género femenino, edad 22 a 28 años, estatura promedio 1.50 cm, consumo de medicamentos y enfermedades preexistentes, de forma verbal se consulta al paciente si tiene la preparación adecuada con 12 horas de ayuno, se coloca el compresor de vena 10 cm por encima del sitio de punción, aplicar solución antiséptica, puncionar la vena con ángulo de 20°, insertar los tubos necesarios en la campana de extracción, finalizado el proceso se retira el equipo, se presiona la zona de punción por 3 minutos hasta que se detenga el flujo de sangre.

Fechas de la toma de muestras para el análisis:

- Muestra 1: 16/11/2022
- Muestra 2: 06/12/2022
- Muestra 3: 26/12/2022
- Muestra 4: 15/01/2023

### **Análisis organoléptico**

Para la recolección de los datos se aplicó una encuesta a 10 estudiantes del IASA I entre 22 y 28 años, donde el panelista no entrenado expresa el grado de aceptación y preferencia del producto alimenticio (galletas con espirulina), para el registro de su apreciación se utilizó un formato con una escala de calificación con 5 ponderaciones que va desde “no me gusta” hasta “me gusta mucho” para facilitar la valoración del producto consumido, donde se evaluó, olor, color, sabor, textura. Para evitar confusiones entre muestras se colocó en la mesa un vaso con agua, el mismo que debía ser ingerido por el panelista para facilitar la degustación de la siguiente muestra.

### **Tabla 15**

*Escala hedónica*

Calificación	Parámetros evaluados			
	Olor	Color	Sabor	Textura
1.No me gusta	-	-	-	-
2. Me gusta poco	-	-	-	-
3.Ni me gusta ni me disgusta	-	-	-	-
4.Me gusta	-	-	-	-
5.Me gusta mucho	-	-	-	-

*Nota.* Autoría propia

### **Diseño experimental**

#### **Tratamientos**

Para la investigación se establecieron tres tratamientos como se describe en la Tabla 16. Distribuidas 3 personas del género femenino para cada tratamiento y repetición, a

excepción del testigo el cual solo estuvo conformado por una persona, obteniendo un total de 7 unidades experimentales. En la Tabla 17 se observa el croquis de la distribución de los tratamientos.

**Tabla 16**

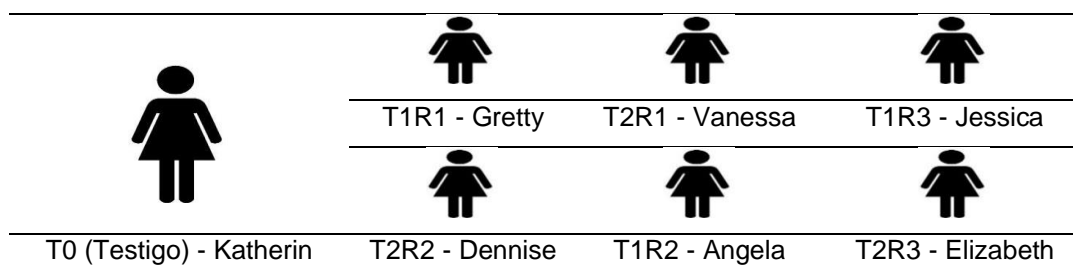
*Descripción de los tratamientos de la investigación*

Tratamiento	Repetición	Descripción
<b>T0</b>	R0	Galleta (Testigo)
	R1	
<b>T1</b>	R2	Galleta + 1g de espirulina
	R3	
	R1	
<b>T2</b>	R2	Galleta + 5g de espirulina
	R3	

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 17**

*Croquis de la distribución de los tratamientos*



*Nota.* Autoría propia

## VARIABLES EVALUADAS

### Análisis sensorial

Se determinó el grado de aceptación de las galletas con diferentes dosis de espirulina mediante la evaluación del olor, color, sabor, textura y aceptación global del mejor tratamiento.

### Química sanguínea

En las muestras de sangre extraídas de cada tratamiento se analizó:

1. Proteína total mediante el método de fotometría automatizada.



2. Biometría hemática:

Glóbulos rojos

Glóbulos blancos

Hematocrito

Hemoglobina

3. Glucosa basal.

**Análisis estadístico**

Para el análisis sensorial se analizó 30 muestras de galletas correspondientes a los 3 tratamientos evaluados entre los 10 panelistas no entrenados encargados de calificar los atributos: olor, color, sabor, textura y aceptación global de las galletas.

Para el análisis hematológico se analizó 28 muestras de sangre, recolectadas cada 20 días de las 7 personas que consumieron las galletas con dos dosis de espirulina y el testigo por un período de 60 días. Para la validación de los datos se evaluó la normalidad y homogeneidad mediante el cumplimiento de los supuestos de ANOVA, se realizó un análisis de varianza para encontrar o no diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza del 95%. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) utilizando el siguiente modelo matemático.

$$y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = Variación de la composición sanguínea.

$\mu$  = Media poblacional.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento en la dosis de espirulina.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental.

Se realizó gráficos en pastel para representar el porcentaje de aceptación global de los tratamientos que contienen espirulina. El análisis estadístico se analizó en el programa Infostat.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Análisis proximal de *Arthrospira platensis***

El contenido nutricional evidencia que la espirulina liofilizada es un alimento altamente nutritivo, se obtuvo un contenido de 50.33% en proteína, valor aceptable ya que según, Becker (2007) el contenido de proteína es por término medio superior en un 46-63% que cualquier otro alimento, se obtuvo 5.87% en grasa valor que está por debajo del 6% que estipula como mínimo la norma mexicana NMX-F-508-1988, en cambio la fibra se encuentra por encima de lo reportado por la misma norma 0.9%, mientras que el contenido de ceniza (7.45%) y humedad (5.87%), se encuentran dentro del rango máximo (9 y 10%) sugerido por la norma NMX-F-508-1988.

**Tabla 18**

*Resultados del proximal de la espirulina*

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Proteína	50.33
Grasa total	5,87
Fibra	5,06
Ceniza	7.45
Humedad	5.87

*Nota.* Autoría propia

#### **Análisis proximal de las galletas con dos dosis de espirulina y el testigo**

De acuerdo con la Tabla 19 existe diferencia en el contenido nutricional de las tres muestras de galleta evaluadas, se observa que la galleta T2 enriquecida con cinco gramos de espirulina fue la que presentó mayor contenido nutricional respecto al T0 (testigo) contiene 8,91% de proteína, 5.18% grasa total, 6.91% fibra, 1.09% ceniza y 7.25% humedad, valores que se encuentran dentro de lo sugerido por la NTE INEN 2085.

**Tabla 19***Resultados del análisis proximal de las galletas*

<b>Componente</b>	<b>Testigo</b>	<b>1g espirulina</b>	<b>5g espirulina</b>	<b>NTE INEN 2085</b>
Proteína %	7.19	7.59	8.91	Min 3.0
Grasa total %	4.10	4.69	5.18	Max 12
Fibra %	4.71	5.4	6.91	Max 10.0
Ceniza %	0.83	1.03	1.09	Max 3.0
Humedad %	5.51	5.55	7.25	Max 10.0

*Nota.* Autoría propia**Receta para elaboración de galletas**

Se realizó la formulación de la galleta mediante la función solver de Excel, para la elaboración se utilizó ingredientes tradicionales como: harina, grasas, azúcar, aromas, condimentos que tras el amasado se tratan térmicamente, con la receta propuesta (Tabla 20), se elaboraron 48 galletas de 20 gramos cada una.

**Tabla 20***Formulación para la elaboración de galletas con 0g de espirulina*

<b>Materias primas</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate	100
<b>Total</b>	<b>1207.5</b>

*Nota.* Autoría propia**Contenido nutricional de los ingredientes para la elaboración de galletas**

Se consideró el valor de los nutrientes en 100g de alimento comestible de cada materia prima tomando en cuenta la energía, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, sodio, nutrientes indispensables que se deben registrar para determinar el valor nutricional del producto.

**Tabla 21***Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 0g de espirulina*

<b>Nutrientes</b>	<b>Harina trigo</b>	<b>Azúcar blanca</b>	<b>Mantequilla</b>	<b>Polvo de hornear</b>	<b>Esencia de vainilla</b>	<b>Sal</b>	<b>Huevos</b>
Energía (Kcal)	1965.60	582.40	1792.50	3.88	8.64	0.00	220.50
Proteína (g)	55.78	0.00	2.13	0.00	0.02	0.00	18.87
Grasa (g)	5.29	0.00	202.78	0.02	0.00	0.00	14.91
Carbohidratos (g)	412.07	158.56	0.15	1.88	0.38	0.00	1.16
Fibra (g)	14.58	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
Ceniza (g)	2.54	0.32	0.10	1.86	0.01	0.50	1.29
Sodio (mg)	10.80	0.00	27.50	3.60	0.27	193.79	210.0

*Nota.* Autoría propia.

La Tabla 22 presenta los requisitos que debe cumplir el rotulado nutricional de los alimentos procesados informando al consumidor el contenido nutricional del alimento.

**Tabla 22***Información nutricional de la galleta con 0g de espirulina (testigo)*

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	<b>Receta</b>	<b>1 porción</b>	<b>VDR</b>
Energía (Kcal)	4573.52	82.60	2000
Proteína (g)	76.80	1.38	50
Grasa total (g)	223	4.00	65
Carbohidratos (g)	574.20	10.40	300
Fibra (g)	14.67	0.25	25
Ceniza (g)	6.61	0.12	3
Sodio (mg)	445.96	8.05	2400

*Nota:* Autoría propia**Galleta con 1 gramo de espirulina**

La galleta se elaboró con los ingredientes que se presentan en la Tabla 23, luego se reviste o recubre la galleta diluyendo 100 gramos de chocolate blanco a temperatura ambiente y se añade 1g de espirulina, para evitar desnaturalizar a altas temperaturas el porcentaje de proteína que posee la espirulina.

**Tabla 23***Formulación para la elaboración de galletas con 1g de espirulina*

<b>Materias primas</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate blanco	100
Espirulina	1
<b>Total</b>	<b>1208.5</b>

*Nota. Autoría propia***Tabla 24***Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 1g de espirulina*

<b>Nutrientes</b>	<b>Harina trigo</b>	<b>Azúcar blanca</b>	<b>Mantequilla</b>	<b>Polvo de hornear</b>	<b>Esencia vainilla</b>	<b>Sal</b>	<b>Huevos</b>	<b>Chocolate</b>	<b>Espirulina</b>
Energía (Kcal)	1965.6	582.40	1792.50	3.88	8.64	0.0	220.50	535.00	0.00
Proteína (g)	55.78	0.00	2.13	0.00	0.02	0.0	18.87	7.65	0.50
Grasa (g)	5.29	0.00	202.78	0.02	0.00	0.0	14.91	29.66	0.06
Carbohidratos (g)	412.0	158.56	0.15	1.88	0.38	0.0	1.16	59.40	0.00
Fibra (g)	14.58	0.00	0.00	0.09	0.00	0.0	0.00	3.40	0.05
Ceniza (g)	2.54	0.32	0.10	1.86	0.01	0.5	1.29	1.78	0.07
Sodio (mg)	10.80	0.00	27.50	3.60	0.27	193	210.0	79.00	0.00

*Nota. Autoría propia*

La Tabla 25 presenta los requisitos que debe cumplir el rotulado nutricional de los alimentos procesados, luego de enriquecer la galleta con 1g de *Arthrospira platensis*.

**Tabla 25***Información nutricional de la galleta con 1g de espirulina*

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	<b>Receta</b>	<b>1 porción</b>	<b>VDR</b>
Energía (Kcal)	5108.52	84.54	2000
Proteína (g)	84.95	1.41	50
Grasa (g)	252.71	4.18	65
Carbohidratos (g)	633.59	10.49	300
Fibra (g)	18.12	0.30	25
Ceniza (g)	8.47	0.14	3
Sodio (mg)	524.96	8.69	2400

*Nota. Autoría propia***Galleta con 5 gramos de espirulina**

La galleta se elaboró con los ingredientes que se presentan en la Tabla 26, luego se reviste o recubre la galleta diluyendo 100 gramos de chocolate blanco a temperatura ambiente y se añade 5g de espirulina, para aumentar la concentración y evitar desnaturalizar a altas temperaturas el porcentaje de proteína que posee la espirulina.

**Tabla 26***Formulación para la elaboración de galletas con 5g de espirulina*

<b>Materias primas</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate blanco	100
Espirulina	5
<b>Total</b>	<b>1212.5</b>

*Nota. Autoría propia*

**Tabla 27***Contenido nutricional de los ingredientes para la galleta con 5g de espirulina*

Nutrientes	Harina trigo	Azúcar blanca	Mantequilla	Polvo de hornear	Esencia vainilla	Sal	Huevos	Chocolate	Espirulina
Energía (Kcal)	1965.6	582.40	1792.50	3.88	8.64	0.00	220.50	535.00	0.00
Proteína (g)	55.78	0.00	2.13	0.00	0.02	0.00	18.87	7.65	2.52
Grasa (g)	5.29	0.00	202.78	0.02	0.00	0.00	14.91	29.66	0.29
Carbohidratos (g)	412.07	158.56	0.15	1.88	0.38	0.00	1.16	59.40	0.00
Fibra (g)	14.58	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	3.40	0.25
Ceniza (g)	2.54	0.32	0.10	1.86	0.01	0.50	1.29	1.78	0.37
Sodio (mg)	10.80	0.00	27.50	3.60	0.27	193	210.00	79.00	0.00

*Nota.* Autoría propia

La Tabla 28 presenta los requisitos que debe cumplir el rotulado nutricional de los alimentos procesados luego de enriquecer la galleta con 5g de *Arthrospira platensis*.

**Tabla 28***Información nutricional de la galleta con 5g de espirulina*

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	Receta	1 porción	VDR
Energía (Kcal)	5108.52	84.26	2000
Proteína (g)	86.97	1.44	50
Grasa (g)	252.95	4.17	65
Carbohidratos (g)	633.59	10.45	300
Fibra (g)	18.32	0.30	25
Ceniza (g)	8.76	0.14	3
Sodio (mg)	524.96	8.66	2400

*Nota.* Autoría propia**Análisis microbiológico**

No se evidenció el crecimiento de enterobacterias, mohos ni levaduras en ninguna de los medios de cultivo y los tratamientos evaluados, lo que indica que el producto fue apto para el consumo humano y se encuentra elaborado bajo las normas higiénicas y sanitarias.

**Tabla 29**

*Resultado del análisis microbiológico de las galletas con las dosis de espirulina*

Medio de cultivo	Testigo	1g espirulina	5g espirulina
Agar (CHA)	-	-	-
MacConkey (MK)	-	-	-
Eosina Methylene Blue Agar (EMB)	-	-	-
Potato Dextrose Agar (PDA)	-	-	-
Cetrimide Agar Base (CET)	-	-	-
CHROMagar Salmonella (SAL)	-	-	-

*Nota.* Unidades Formadoras de Colonias (UFC)= (-) Ausente, (+) < 100 UFC/20 µl permisible, (+) >500 UFC/20 µl crítico.

### **Análisis organoléptico**

#### **Olor**

De acuerdo a la Tabla 30 el atributo olor no presentó diferencias significativas ( $p=0.392$ ) entre las galletas que contienen espirulina (1 y 5g) en relación con el testigo, se registra una media de 4.80 a 4.50 indicando buena aceptabilidad por parte de los panelistas.

**Tabla 30**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la aceptación sensorial para el olor de galletas enriquecidas con espirulina*

Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.80	10	0.16 A
1g espirulina	4.60	10	0.16 A
5g espirulina	4.50	10	0.16 A

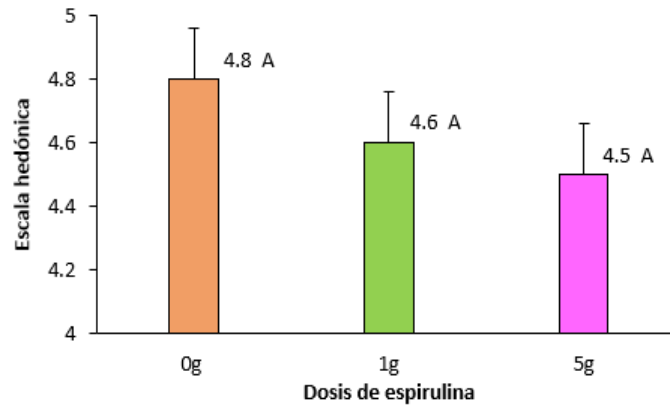
*Nota.* Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

En la figura 13 se observa que el testigo tuvo mayor aceptación el 96% de los panelistas asignaron una calificación de 5 correspondiente a “me gusta mucho”, seguido está el 1g de espirulina) y los 5g espirulina sin mucha variación en las medias por lo que sus calificaciones también están dentro de la puntuación 4 y 5.



### Figura 13

*Aceptación del olor de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina*



*Nota.* Autoría propia

### Color

De acuerdo a la Tabla 31 el atributo color presentó diferencias significativas ( $p=0.0001$ ) entre las galletas que contienen espirulina (1 y 5g) en relación con el testigo, se registra una media de 4.80 para el testigo correspondiente a “me gusta”, en cambio para el T2 disminuye su puntuación se obtuvo 3.60 “no me gusta ni me disgusta”.

### Tabla 31

*Promedio  $\pm$  error estándar de la aceptación sensorial para el color de galletas enriquecidas con espirulina*

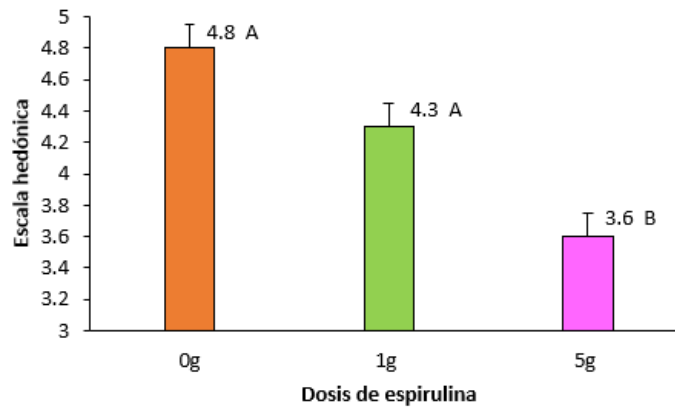
Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.80	10	0.15 A
1g espirulina	4.30	10	0.15 A
5g espirulina	3.60	10	0.15 B

*Nota.* Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

En la figura 14 se observa que el testigo tuvo mayor aceptación el 96% de los panelistas asignaron una calificación de 5 correspondiente a “me gusta mucho”, mientras que para los 5g espirulina el 72% de los panelistas asignó puntuaciones entre 3 y 4, se debe a que mientras más aumenta la concentración de espirulina es menos agradable para el consumidor.

## Figura 14

*Aceptación del color de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina*



Nota. Autoría propia

## Sabor

De acuerdo a la Tabla 32 el atributo sabor presentó diferencias significativas ( $p=0.0032$ ) entre las galletas que contienen espirulina (1 y 5g) en relación con el testigo, se registra una media de 4.20 para el testigo correspondiente a “me gusta”, en cambio para el T2 (5g espirulina) se obtuvo 4.90 cercano a “me gusta mucho”.

## Tabla 32

*Promedio  $\pm$  error estándar de la aceptación sensorial para el sabor de galletas enriquecidas con espirulina*

Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.20	10	0.12 B
1g espirulina	4.40	10	0.12 B
5g espirulina	4.90	10	0.12 A

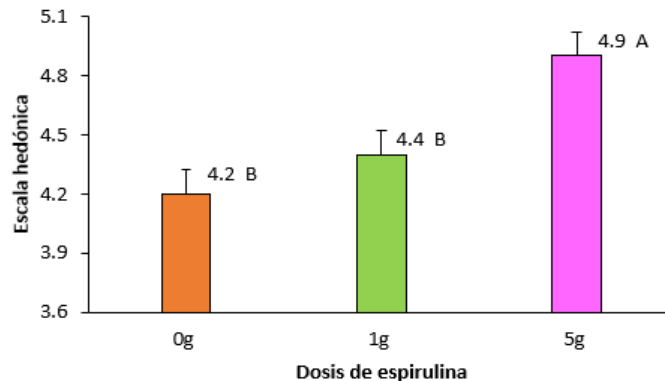
Nota. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

En la figura 15 se observa que el T2 tuvo mayor aceptación el 98% de los panelistas asignaron una calificación de 5 correspondiente a “me gusta mucho”, seguido está el T1 (1g espirulina) y el testigo lo que indica que el 84% de los panelistas asignaron puntuaciones entre

3 y 4, se debe a que la dosis alta de espirulina (5g) oculta el sabor dulce de la galleta volviéndola más apetecible.

### Figura 15

*Aceptación del sabor de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina*



*Nota.* Autoría propia

### Textura

De acuerdo a la Tabla 33 el atributo textura presentó diferencias significativas ( $p=0.0088$ ) entre las galletas que contienen espirulina (1 y 5 g) en relación con el testigo, se registra una media de 4.50 para el testigo correspondiente a “me gusta”, en cambio para el T2 (5g espirulina) disminuye su puntuación se obtuvo 3.80 “no me gusta ni me disgusta”.

### Tabla 33

*Promedio  $\pm$  error estándar de la aceptación sensorial para la textura de galletas enriquecidas con espirulina*

Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.50	10	0.15 A
1g espirulina	4.30	10	0.15 A B
5g espirulina	3.80	10	0.15 B

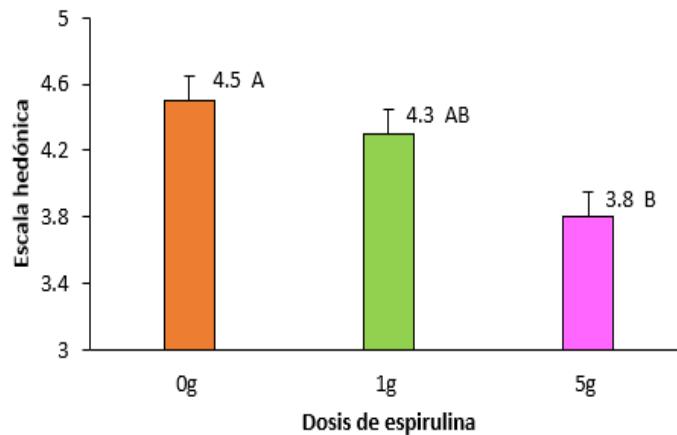
*Nota.* Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat

En la figura 16 se observa que el testigo tuvo mayor aceptación lo que indica que el 90% de los panelistas asignaron una calificación de 5 correspondiente a “me gusta mucho”,

seguido está el T1 y el T2 lo que indica que el 76% asignó puntuaciones entre 3 y 4, por lo que los consumidores prefieren sentir menos la textura de la espirulina y aceptan la galleta con 1 gramo de espirulina.

### Figura 16

*Aceptación de la textura de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina*



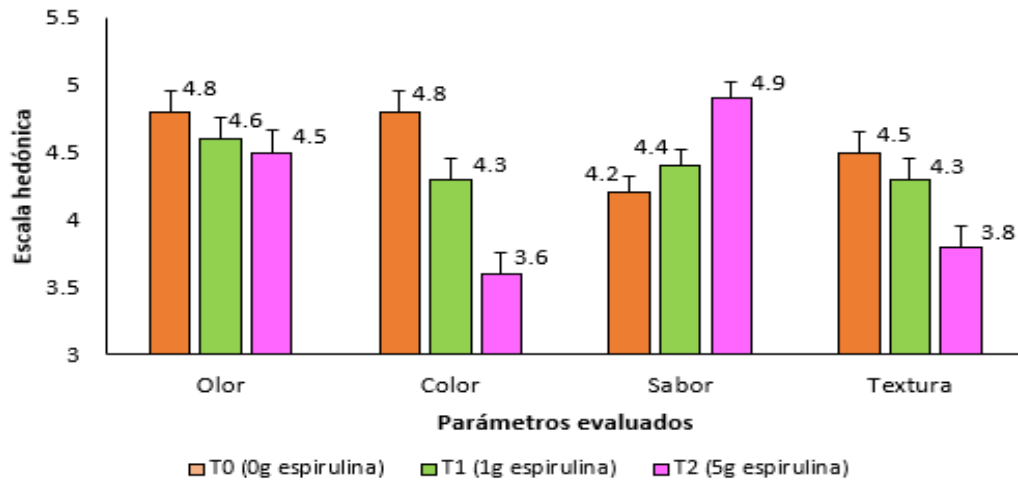
Nota. Autoría propia

### Análisis general de la aceptabilidad de las galletas con espirulina

El análisis sensorial realizado a los 10 estudiantes del IASA I, se observa que hay mayor aceptación por la galleta testigo, seguido de la galleta con 1 gramo de espirulina, debido a que los panelistas mencionaron que se ve más agradable y no se siente el sabor ni color de la espirulina, mientras que la galleta con 5 gramos de espirulina es la menos aceptada debido a la intensa coloración verde que es característica de la espirulina y a una textura más granulosa, sin embargo esta galleta obtiene buena aceptación por su sabor ocultando el sabor dulce de las galletas.

**Figura 17**

*Análisis general de la aceptabilidad de galletas enriquecidas con dos dosis de espirulina*



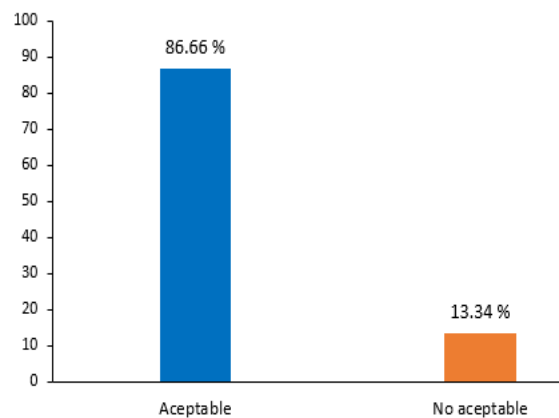
Nota. Autoría propia

**Aceptación global de las galletas con espirulina.**

La figura 18 muestra que, de los 30 panelistas encuestados luego de analizar el olor, color, el sabor y la textura el 86.66 % acepta consumir la galleta testigo, mientras que el 13.34 % si prefiere consumir una de las galletas que contiene espirulina.

**Figura 18**

*Aceptabilidad global de la galleta (testigo) con 0 gramo de espirulina*



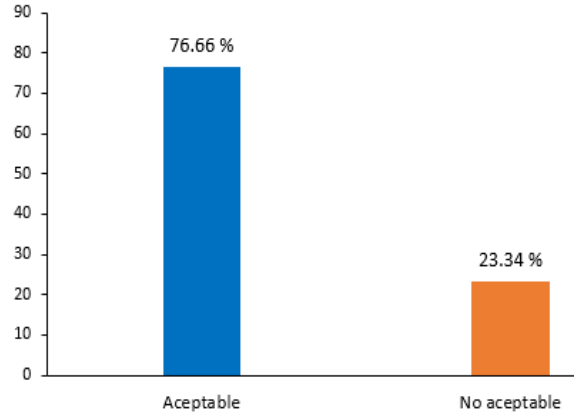
Nota. Autoría propia

La figura 19 muestra que, de los 30 panelistas encuestados luego de analizar el olor, color, sabor y textura de las galletas el 76.66 % acepta consumir la galleta con 1 gramos de

espirulina, mientras que solo el 23.34 % no acepta consumir este producto.

### Figura 19

*Aceptabilidad global de la galleta con 1 gramo de espirulina*

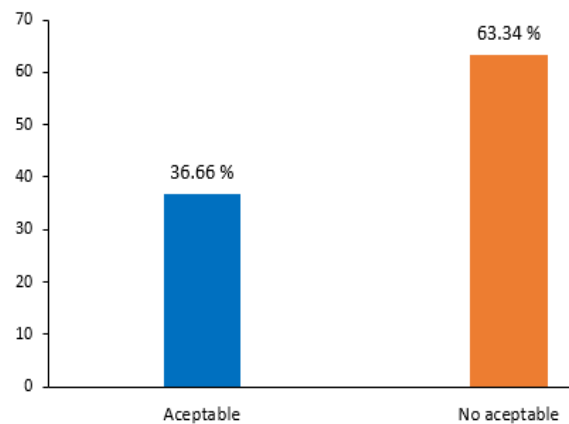


Nota. Autoría propia

La figura 20 muestra que, de los 30 panelistas encuestados luego de analizar el olor, color, sabor y textura de las galletas el 63.34 % no acepta consumir la galleta con 5 gramos de espirulina, mientras que el 36.66 % acepta consumir este producto.

### Figura 20

*Aceptabilidad global de la galleta con 5 gramos de espirulina*



Nota. Autoría propia

### Análisis sanguíneo

Se analizó 28 muestras de sangre, tras el consumo paulatino de galletas con dos dosis de espirulina (1 y 5 g) y el testigo desde el 16 de noviembre del 2022 al 15 de enero del 2023

durante un tiempo de 60 días. Se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza del 95% para determinar diferencia significativa en las variables propuestas.

### Proteína

De acuerdo con la Tabla 34, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se determinó que hubo diferencias significativas ( $p=0.016$ ) entre el testigo y el T2 (5g espirulina), se registra una media de 6.80 y 7.72 respectivamente.

**Tabla 34**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de proteína en sangre*

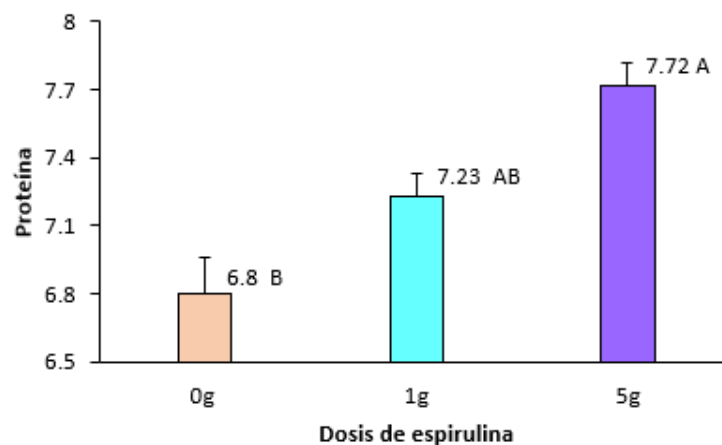
Tratamientos	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	6.80	4	0.16 B	6.2-8 g/dL
1g espirulina	7.23	12	0.10 AB	
5g espirulina	7.72	12	0.10 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat

El consumo de 5 gramos de espirulina aporta mayor contenido de proteína a la química sanguínea de las estudiantes, seguido del tratamiento con 1 gramo de espirulina en comparación con el testigo que solo aporta 6.80g/dL.

**Figura 21**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en los niveles de proteína en sangre*



*Nota.* Autoría propia

## Glucosa

De acuerdo con la Tabla 35, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se observa un aumento en el contenido de glucosa, aunque no de manera significativa ( $p=0,1376$ ). Se registra una media de 79.81 para el testigo seguido de 81.44 para el T1(1g espirulina) y 82.12 para el T2 (5g espirulina).

**Tabla 35**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de glucosa en sangre*

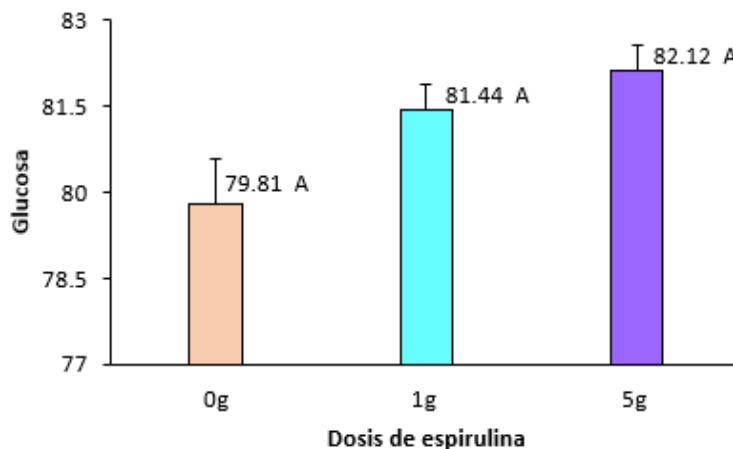
Tratamientos	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	79.81	4	0.77 A	60-110 mg/dL
1g espirulina	81.44	12	0.44 A	
5g espirulina	82.12	12	0.44 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

El consumo de 5 gramos de espirulina aporta mayor contenido de glucosa a la química sanguínea de las estudiantes comparado con el testigo que aporta 79.81mg/dL. Los valores en los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de referencia indicando un buen estado de salud en las personas tras incorporar un producto dulce durante 60 días a su dieta.

**Figura 22**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en los niveles de glucosa en sangre*



*Nota.* Autoría propia



## Glóbulos blancos

De acuerdo con la Tabla 36, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se determinó que hubo diferencias significativas ( $p=0,0089$ ), entre el testigo y el T2 (5g espirulina), se registra una media de  $7.35$  y  $8.13 \times 10^3$  células/mL respectivamente.

**Tabla 36**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de glóbulos blancos en sangre*

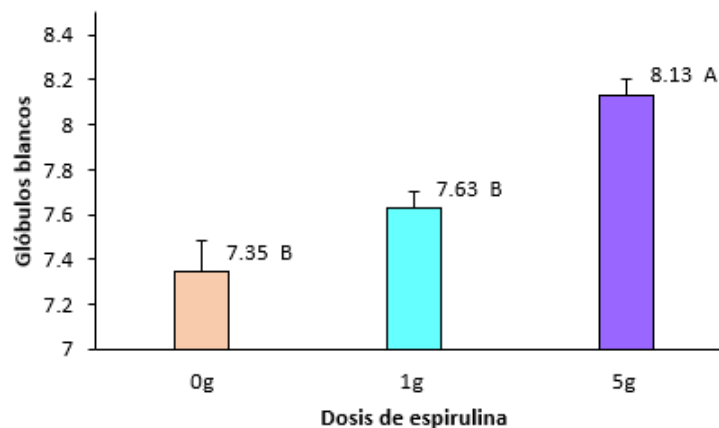
Tratamiento	Medias	n	E. E	Valor referencia
Testigo	7.35	4	0.13 B	5.0-10 $\times 10^3$ células/mL
1g espirulina	7.63	12	0.07 B	
5g espirulina	8.13	12	0.07 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

El consumo de 5 gramos de espirulina produjo mayor número de glóbulos blancos en la química sanguínea de las estudiantes comparado con el testigo que produce  $7.35 \times 10^3$  células/mL. Los valores en los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de referencia indicando un buen estado de salud en las personas tras incorporar un producto dulce durante 60 días a su dieta.

**Figura 23**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en la cantidad de glóbulos blancos en sangre*



*Nota.* Autoría propia

## Glóbulos rojos

De acuerdo con la Tabla 37, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se determinó que hubo diferencias significativas ( $p=0.0211$ ) entre el testigo y el T2 (5g espirulina), se registra una media de  $4.10$  y  $5.11 \times 10^6$  células/mL respectivamente.

**Tabla 37**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de glóbulos rojos en sangre*

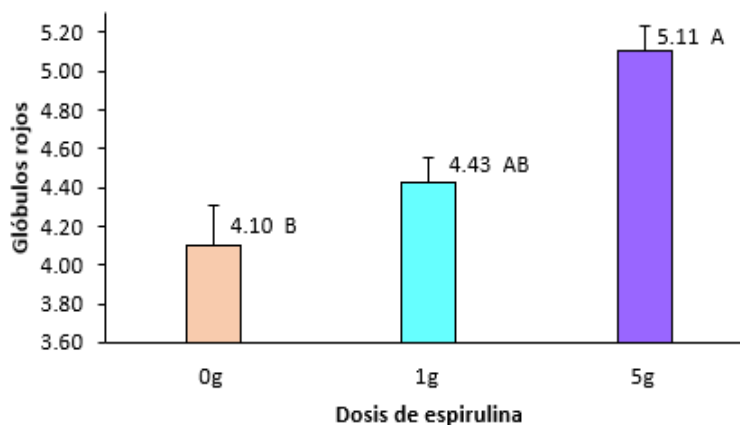
Tratamiento	Medias	n	E. E	Valor referencia
Testigo	4.10	4	0.21 B	$4.0 - 5.0 \times 10^6$ células/mL
1g espirulina	4.43	12	0.12 AB	
5g espirulina	5.11	12	0.12 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

El consumo de 5 gramos de espirulina produjo mayor número de glóbulos rojos en la química sanguínea de las estudiantes, comparado con el testigo que produce  $4.10 \times 10^6$  células/mL. Los valores en los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de referencia indicando un buen estado de salud en las personas tras incorporar un producto dulce durante 60 días a su dieta.

**Figura 24**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en la cantidad de glóbulos rojos en sangre*



*Nota.* Autoría propia

## Hematocrito

De acuerdo con la Tabla 38, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se determinó que hubo diferencias significativas ( $p=0.0183$ ) entre el testigo y el T2 (5g espirulina), se registra una media de 45.10 y 46.88 respectivamente.

**Tabla 38**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de hematocrito en la sangre*

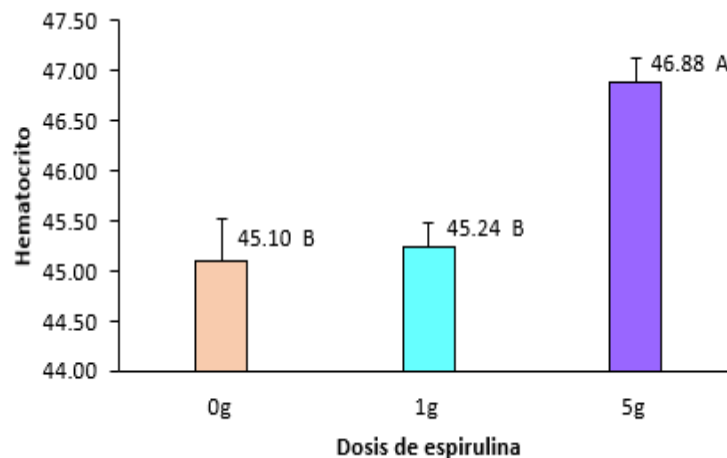
Tratamiento	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	45.10	4	0.42 B	37.0-48.0%
1g espirulina	45.24	12	0.24 B	
5g espirulina	46.88	12	0.24 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

El consumo de 5 gramos de espirulina produjo mayor contenido de hematocrito en la química sanguínea de las estudiantes comparado con el testigo que produce 45,10%. Los valores en los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de referencia indicando un buen estado de salud en las personas tras incorporar un producto dulce durante 60 días a su dieta.

**Figura 25**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en el nivel de hematocrito en sangre*



*Nota.* Autoría propia

## Hemoglobina

De acuerdo con la Tabla 39, a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, se determinó que hubo diferencias significativas ( $p=0.0027$ ) entre el testigo y el T2 (5g espirulina), se registra una media de 14.95 y 15.95 g/dL respectivamente.

**Tabla 39**

*Promedio  $\pm$  error estándar del contenido de hemoglobina en sangre*

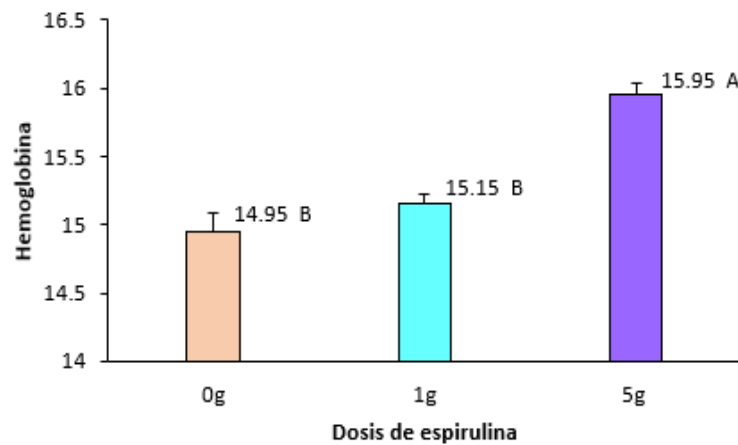
Tratamiento	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	14.95	4	0.13 B	12.0-16.0 g/dL
1g espirulina	15.15	12	0.08 B	
5g espirulina	15.95	12	0.08 A	

*Nota.* Test Tukey. Medias con letras en común no son significativamente diferentes  $p>0.05$ . Tomado de Infostat.

El consumo de 5 gramos de espirulina produjo mayor contenido de hemoglobina en la química sanguínea de las estudiantes, comparado con el testigo que produce 14.95 g/dL. Los valores en los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de referencia indicando un buen estado de salud en las personas tras incorporar un producto dulce durante 60 días a su dieta.

**Figura 26**

*Efecto del consumo de galletas con espirulina en el nivel de hemoglobina en sangre*



*Nota.* Autoría propia

## Discusión

Con respecto al análisis bromatológico en galletas la norma NTE INEN 519 refiere un valor mínimo de proteína con harina de trigo de 3.3%. En el estudio realizado por, Raj & Beryl (2018) sustituyeron de forma parcial la harina de trigo con kiwicha hasta un 30 %, obteniendo un valor de proteína variado que va entre 6.43-7.22%, los resultados obtenidos en este estudio son superiores, con la formulación propuesta se obtuvo 8.91% de proteína, por lo que se considera que el producto tiene propiedades nutricionales. Esto se debe a que la espirulina utilizada contiene 50.33% de proteína frente a un 12% de la harina de trigo. Badui (2006) confirma la importancia de las proteínas en el sistema alimentario en base a sus propiedades nutricionales ya que de sus componentes se absorben moléculas de nitrógeno permitiendo la formación y reparación de tejidos de la piel, órganos y articulaciones, promoviendo el crecimiento de quien los consume. Para el contenido de grasa, se muestra que a mayor contenido de *Arthrospira platensis* el porcentaje de grasa aumenta paulatinamente, siendo 4.10% para el control y 5.18% para el tratamiento dos. En el estudio de, Gutiérrez & Tello (2018) también se evidencia un aumento hasta un 13.7% en sus galletas con 5 gramos de espirulina la diferencia se debe a que *S. platensis* contiene 6.6% de grasa y la harina de amaranto 5.9%. Shahbazizadeh *et al.*, (2015) mencionan que esta microalga, incluye 46.9% de ácidos grasos saturados, 7.8% de monoinsaturados y 42.8% de poliinsaturados siendo el ácido gama-linolénico, el ácido graso poliinsaturado más abundante. La cantidad de este nutriente en las galletas es importante porque a medida que aumenta su contenido se tiende a experimentar rancidez oxidativa durante el almacenamiento. El porcentaje de fibra varió de 4.71% a 6.91%, en comparación con el informe del Instituto Nacional de Nutrición que menciona que las galletas simples surtidas no contienen fibra dietética, los valores encontrados son superiores y se puede considerar como un valor agregado para las galletas elaboradas. Por otro lado, las galletas T2 presentaron mayor contenido de humedad que las otras muestras, sin embargo, el valor máximo establecido por las NTE INEN 518 es 10% y el valor obtenido en el estudio fue de

7.25% cantidad que está dentro de los rangos establecidos. Torres *et al.*, (2015) encontraron que, a mayor contenido de humedad, menor es su dureza ya que la presencia de moléculas de agua en la matriz ablandan y suavizan la estructura. Padma & Rajendran (2017) mencionan que un período de almacenamiento de 30 días dió como resultado mayor contenido de humedad en las galletas y menor aceptabilidad. La determinación de ceniza permite verificar la contaminación por metales pesados durante el proceso productivo. Un valor alto de ceniza es indicativo de impureza inorgánica, mientras que un valor bajo indica la pureza del alimento. El contenido específico para galletas es del 3%. En el estudio de, Chirinos & Vargas (2017) las galletas elaboradas con harina de trigo obtuvieron 2.08% de ceniza, lo que supera los resultados de esta investigación donde el valor máximo fue 1.09% para la muestra con mayor concentración de espirulina, sin embargo, ambos resultados reflejan la pureza y calidad aceptable del producto.

En el análisis microbiológico el número total de bacterias viables suele utilizarse como indicativo de la calidad microbiológica de los alimentos. La NTE INEN 1529-5 y la NTE INEN 1529-10 establecen un límite máximo de  $10^2$  UFC/g en el caso de moho para productos horneados con cobertura o rellenos que no requieren refrigeración, en la investigación no se detectaron enterobacterias, mohos ni levaduras lo que evidencia que las galletas fabricadas son aptas para el consumo humano y no representan un riesgo para la salud. Massoud *et al.*, (2016) mencionan que la espirulina inhibe el crecimiento de mohos y levaduras en los croissants durante el almacenamiento y actúa como un inhibidor microbiano debido a los fotoquímicos con propiedades antioxidantes.

Los datos obtenidos de la aceptabilidad organoléptica para las tres muestras de galleta van desde “Ni me gusta, ni me disgusta” hasta “me gusta mucho” (3 y 5). Cabe mencionar que en la evaluación sensorial las galletas del tratamiento 2 fueron generalmente las menos aceptables. Molloco & Ventura (2019) afirman en su estudio que se debe al intenso color verde y olor proporcionado por la espirulina. Shahbazizadeh *et al.*, (2015) concluye que la

incorporación de altas dosis de *Arthrospira platensis* afecta negativamente los atributos sensoriales, sin embargo, los panelistas prefieren consumir 1% de espirulina ya que tiene una menor tonalidad.

En los resultados del análisis sanguíneo para el estudio de, Sachdeva *et al.*, (2004) que suplementó dos cápsulas de espirulina a niños de 7 a 9 años tuvo un aumento significativo en la hemoglobina ( $P \leq 0,01$ ) los niveles del grupo experimental y el grupo control fueron de  $11,7 \pm 0,7$  y  $11,2 \pm 0,9$  g/dL respectivamente, el valor aumentó a  $12,5 \pm 0,7$  g/dL para el grupo experimental, se obtuvo resultados similares al de la investigación donde los niveles de hemoglobina aumentaron de  $14,95 \pm 0,13$  a  $15,95 \pm 0,08$  g/dL en las personas del género femenino que consumieron la máxima dosis evaluada, dichos resultados se atribuyen a la forma de hierro disponible que se encuentra en la espirulina. Por otro lado, el volúmen de células empaquetadas o denominado también hematocrito en el mismo estudio aumentó de  $40,9 \pm 2,8$  a  $44,4 \pm 2,4$  % en el grupo experimental, para esta investigación se reflejan valores superiores de  $45,10 \pm 0,42$  a  $46,88 \pm 0,24$  % pero se encuentran dentro del rango asignado por la OMS. Para el recuento de los glóbulos rojos, el valor medio del grupo experimental fue de  $4,09 \pm 0,3 \times 10^6$  células/mL, mientras que en la investigación fue superior de  $4,10 \pm 0,21$  a  $5,11 \pm 0,12 \times 10^6$  células/mL. La clorofila ayuda a construir glóbulos rojos, al tiempo ofrece al cuerpo una forma más fácilmente absorbible de magnesio ayudando a eliminar las toxinas del torrente sanguíneo mientras oxigena la sangre, Microgreen (2022).

Se evidencia diferencias significativas en los glóbulos blancos de  $7,35 \pm 0,13$  a  $8,13 \pm 0,07 \times 10^3$  células/mL debido a que la coloración azul de la espirulina se compone de ficocianinas, aloficocianinas y otras antocianinas demostrando que estos nutrientes ayudan a elevar la cantidad de glóbulos blancos en el cuerpo. Los polisacáridos que se encuentran en la espirulina se combinan para aumentar la inmunidad y ayudan al cuerpo a combatir las infecciones y otras enfermedades, Microgreen (2022).

La espirulina puede actuar como una proteína similar a la insulina reduciendo los niveles de azúcar en sangre y elevando los niveles de hemoglobina, esto podría deberse gracias a su alto contenido de hierro (28.5mg), también se cree que la cantidad de fibra en la espirulina ayuda a reducir la absorción de glucosa. El alto contenido de vitamina B12 (110 a 400 µg/100 g de espirulina) es esencial para la maduración y el desarrollo normales de las células sanguíneas, Parikh *et al.*, (2001)

Biocentro (2023) menciona que debido a los efectos funcionales que contiene la espirulina, cada vez se lanzan nuevos productos al mercado y son aprobados como suplementos alimenticios, por ejemplo: la ingesta de gomitas enriquecidas con espirulina, selenio y zinc ayuda a mejorar el metabolismo de las grasas, fortalece el sistema inmunológico, previene el envejecimiento prematuro de la piel y mejora la digestión. Por otro lado, Barkallah *et al.*, (2017) afirmaron que el yogur con 0.25% de espirulina acelera la fermentación final, conserva las propiedades de textura, tiene alta capacidad antioxidante y mejora las propiedades nutricionales, en cambio el chocolate con espirulina endulzado con stevia y frutas deshidratadas aumenta el contenido de proteína a 15.47 g y fibra a 11.91 g, presenta un bajo contenido de sacarosa dado que el azúcar proviene de las frutas deshidratadas lo que le hace perfecto para quienes gustan de la innovación en la línea de chocolatería, Salous *et al.*, (2017).



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- Se formuló galletas isoprotéicas e isocalóricas utilizando 540g de harina de trigo, 160g de azúcar, 250g de mantequilla, 4g de polvo de hornear, 2ml de esencia de vainilla, 3 huevos y 0.50g de sal, se incluyó la espirulina en dosis de 1 y 5 g mediante un recubrimiento con chocolate para evitar desnaturalizar la proteína a altas temperaturas.
- El contenido nutricional de las galletas se determinó mediante el análisis de energía, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, ceniza y sodio en 100 g de alimento comestible para cada una de las materias primas tomado de la tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica.
- En el análisis proximal se determinó que la galleta con 5 gramos de espirulina presenta mejores características nutritivas; 8.91% de proteína, 5.18% grasa total, 6.91% fibra, 1.09% ceniza y 7.25% humedad, valores que se encuentran dentro del rango referido por la NTE INEN 2085:2005 para galletas.
- En el análisis microbiológico no se evidenció crecimiento de ningún microorganismo lo que indica que son aptas para el consumo humano
- En el análisis organoléptico la galleta enriquecida con 1 gramo de espirulina fue la que mayor aceptación tuvo para los atributos analizados, el 76.66 % de los encuestados prefieren consumir este producto debido a que la coloración y sabor de la microalga es menos intenso.
- En la evaluación de la química sanguínea por dos meses se determina que el consumo de 5 gramos de espirulina aumenta el contenido de proteína en  $7.72 \pm 0,10$  g/dL, los glóbulos blancos en  $8,13 \pm 0,07 \times 10^3$  células/mL, los glóbulos rojos en  $5,11 \pm 0,12 \times 10^6$  células/mL, el hematocrito en  $46,88 \pm 0,24$  % y la hemoglobina en  $15,95 \pm 0,08$  g/dL.

## **Recomendaciones**

- Buscar otras alternativas de incorporar la espirulina a las galletas para obtener mejor aceptabilidad en cuanto al color.
- Probar esta investigación en personas veganas ya que este tipo de personas no consumen la proteína de origen animal y se puede obtener mejores resultados y cambios en la química sanguínea.
- Analizar aspectos como: exploración física, pruebas de aptitud de aprendizaje, valoración de salud mental para comprobar la influencia de la espirulina en la salud humana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdulqader, G., Barsanti, L., & Tredici, M. (2000). Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. *Journal of Applied Phycology*, 12(3/5), 493–498. <https://doi.org/10.1023/A:1008177925799>
- Agripac. (2021). *Kristalón rojo*. Agripac. <https://agripac.com.ec/productos/kristalon-rojo/>
- Aguilar, R., & Marcillo, J. (2018). *Desarrollo de una formulación para la elaboración de una galleta libre de gluten con un alto valor proteínico enriquecida con Spirulina platensis* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33179>
- Arias, D. (2010). *Proyecto de factibilidad de producción y exportación de alga Spirulina en cápsulas de 400mg y en polvo de 100g al mercado de Brasil* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4552/1/UPS-QT01954.pdf>
- Arredondo, B., & Voltolina, D. (2007). *Concentración, Recuento celular y Tasa de crecimiento*.
- Asero, L. (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>
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* [Archivo PDF]. <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M., 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 - Food Science and Technology*, 84, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071>
- Batista, A., Niccolai, A., Fradinho, P., Fragoso, S., Bursic, I., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R., Sousa, I., & Raymundo, A. (2017). Microalgae biomass as an alternative ingredient in

- cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Research*, 26, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.017>
- Becker, E. (2007). Microalgae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2), 207–210. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
- Becker, W. (2004). Microalgae in Human and Animal Nutrition. *Biotechnology and Applied Phycology*, 18, 312–351. <https://doi.org/10.1002/9780470995280.ch18>
- Biocentro. (2023). *Gomitas adultos espirulina, zinc, selenio frasco 60 unidades sottcor*. <https://biocentro.com.pe/producto/gomitas-adultos-espirulina-zinc-selenio-frasco-60-unidades-sottcor-tienda-biocentro-lima-peru/>
- Chirinos, W., & Vargas, N. (2017). Análisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum vulgare*): tapirama (*Phaseolus lunatus*) de pueblo nuevo de Paraguaná. *SciELO*, 44(2), 1-9. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612017000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000200002)
- Ecoespirulina. (2020). *Manual práctico de cultivo de espirulina en casa* [Archivo PDF]. <https://ecoespirulina.es/wp-content/uploads/2020/04/manual-cultivo-espirulina-p19.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2008). *A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish* [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/i0424e/i0424e00.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2010). *Procesados de cereales Humana* [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/au166s/au166s.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Fleitas, P. (2021). *Algas en la Alimentación Humana* [Tesis de posgrado, Universidad de la Laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/23503>
- Gioffre, P. (2021, January 18). *Espirulina para formulaciones de cuidado de la piel*. CosmetiClatam. <https://www.cosmetiClatam.com/index.php/2021/01/18/espirulina-para-formulaciones-de-cuidado-de-la-piel/>

- Gutiérrez, K., & Tello, L. (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://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624916/Guti%C3%A9rr ez\\_VK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624916/Guti%C3%A9rr ez_VK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Henrikson, R. (1994). Microalga Spirulina: superalimento del futuro. *Earth Food Spirulina*, 84, 2-47. <https://www.worldcat.org/es/title/microalga-spirulina-superalimento-del-futuro-una-notable-alga-azul-que-puede-transformar-su-salud-y-nuestro-planeta/oclc/804125183>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2005). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2085:2005. Galletas requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2085-1.pdf>
- Kumar, A., Ramamoorthy, D., Verma, D., Kumar, A., Kumar, N., Kanak, K., Marwein, B., & Mohan, K. (2022). Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*. *Energy Nexus*, 6, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100070>
- Labtek. (2023). *Hemograma completo*. Análisis bioquímicos y citológicos. <https://www.laboratorioslabtek.com/index.php/hematologia.html>
- Lima, R. F., Formiga, W. A. M., Freitas, P. V. C. de, Nóbrega, É. M. G. de A., Paiva, Y. F., & Silva, E. V. da. (2022). Nutritional composition of cookies enriched with *Spirulina platensis*. *Research, Society and Development*, 11(10), 1-10. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.21120>
- Massoud, R., Kianoush, D., Fereshteh, N., & László, V. (2016). Evaluation of physicochemical, microbiological and sensory properties of croissants fortified with *Arthrospira platensis* (Spirulina). *Journal of Food Sciences*, 34(4), 350–355. <https://doi.org/10.17221/289/2015-CJFS>
- Microgreen. (2022). *Cómo funciona la espirulina*. <https://microgreenspirulina.com/como-funciona-la-espirulina/?v=3fd6b696867d>

- Molloco, R., & Ventura, N. (2019). *Elaboración de una galleta con sustitución parcial de harina de yacón (Smallanthus sonchifolius) enriquecida con Spirulina (Arthrospira platensis)* [Tesis de pregrado, Universidad nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11372/IAmocor%26vecand.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Naciones Unidas Ecuador. (2021, April 5). *Desnutrición Crónica Infantil*. <https://Ecuador.Un.Org/Es/123951-Desnutricion-Cronica-Infantil>.
- Padma, A., & Rajendran, R. (2017). Development and Evaluation of Spirulina Incorporated Little Millet Cookies. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 7(1), 119. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2017.00012.5>
- Parikh, P., Mani, U., & Iyer, U. (2001). Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Medicinal Food*, 4(4), 193–199. <https://doi.org/10.1089/10966200152744463>
- Pedraza, G. (1989). Cultivo de Spirulina máxima para suplementación proteica. *Research for Rural Development* 1(1) 1989. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd1/1/gloria.htm>
- Raj, P., & Beryl, J. (2018). Formulation and standardization of bajra cookie using amaranth flour as partial replacement. *International Journal of Scientific Research*, 7(2). [https://www.worldwidejournals.com/international-journal-of-scientific-research-\(IJSR\)/fileview/February\\_2018\\_1517576971\\_\\_256.pdf](https://www.worldwidejournals.com/international-journal-of-scientific-research-(IJSR)/fileview/February_2018_1517576971__256.pdf)
- Rivadeneira, E., Galán, R., & Zamora, I. (2020). *Guía de Laboratorio de Hematología*. [Archivo PDF]. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Guia-de-Hematologia-Laboratorio.pdf>
- Rodríguez, A., & Triana, F. (2006). *Evaluación del pH en el cultivo de Spirulina spp. (Arthrospira) bajo condiciones de laboratorio* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8281/tesis261.pdf?sequence=1>

- Sachdeva, R., Kaur, R., & Sangha, J. (2004a). Effect of Supplementation of Spirulina on the Haematological Profile and Intellectual Status of School Girls (7-9 years). *Journal of Human Ecology*, 15(2), 105–108. <https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905674>
- Salous, A., Cadena, N., Mosquera Corina, & Martínez, T. (2017). Elaboración de chocolate con espirulina (*Spirulina máxima*) endulzado con stevia y frutas deshidratadas. *Science and Technology Conference*, 2, 28-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1410>
- Sánchez, M., Bernal, J., Rozo, C., & Rodríguez, I. (2003). Spirulina (Arthrospira): an edible microorganism: a review. *Universitas Scientiarum* 8(1), 7-24. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4842>
- Schlösser, U. G. (1994). SAG - Sammlung von Algenkulturen at the University of Göttingen Catalogue of Strains 1994. *Botánica Acta*, 107(3), 113–186. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1994.tb00784.x>
- Shahbazizadeh, S., Khosravi, K., & Sohrabvandi, S. (2015). Fortification of Iranian Traditional Cookies with *Spirulina platensis*. *Annual Research & Review in Biology*, 7(3), 144–154. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/13492>
- Torres, J., Rorres, R., Acevedo, D., & Gallo, L. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Vector*, 10, 15-25 [http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10\\_3.pdf](http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10_3.pdf)
- United States Department of Agriculture USDA. (2019, January 4). *FoodData Central; Seaweed, spirulina, dried*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170495/nutrients>
- Usharani, G., Saranraj, P., & Kanchana, D. (2012). Spirulina Cultivation: A Review. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3(6), 1327–1341. [www.ijpba.info](http://www.ijpba.info)
- Vásconez, M. (2017). *Asesoría para un plan estratégico de marketing para el lanzamiento de galletas de espirulina a la empresa the cookie box* [Tesis de pregrado, Universidad del pacifico]. <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/304/1/TNE-UPAC-17698.pdf>

- Velásquez, S., Chan, M., Abisado, R., Traifalgar, R., Tayamen, M., Maliwat, G., & Ragaza, J. (2016). Dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) replacement enhances performance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Phycology*, 28(2), 1023–1030. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0661-y>
- Villegas, S. (2017). *Análisis del aprovechamiento de CO2 proveniente de un proceso externo para incrementar el crecimiento de la microalga Spirulina platensis en dos fotobiorreactores* [Tesis de posgrado, Tecnológico Nacional de México]. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Sharon%20%20Benilde%20%20Rodr%C3%ADguez.pdf>
- Vonshak, A., & Tomaselli, L. (2000). *Arthrospira* (Spirulina): Systematics and Ecophysiology. *The Ecology of Cyanobacteria*, 505–522. [https://doi.org/10.1007/0-306-46855-7\\_18](https://doi.org/10.1007/0-306-46855-7_18)
- Wuang, S., Khin, M., Chua, P., & Luo, Y. (2016). Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal Research*, 15, 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.02.009>