



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



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

Vargas Medina, Wendy Belén

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

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

Agropecuaria



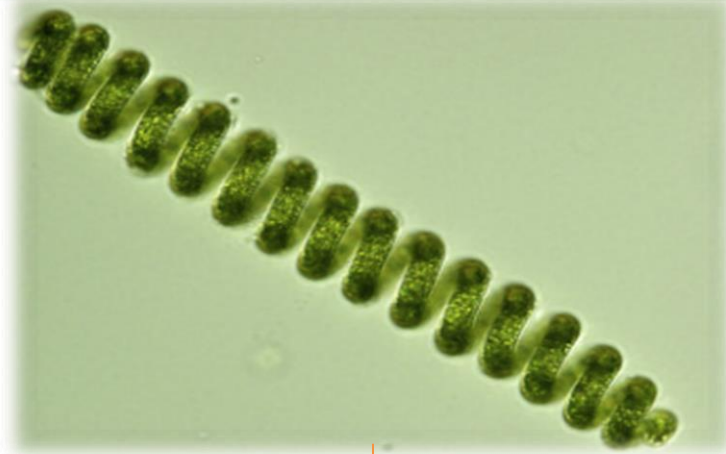
JUAN CRISTÓBAL
ORTIZ TIRADO

ING. ORTIZ TIRADO, JUAN CRISTÓBAL PhD

27 de febrero del 2023



INTRODUCCIÓN



- Cianobacteria
- Fotosíntesis oxigénica.
- Se caracteriza por su morfología.
- Forma poblaciones masivas y visibles en las superficies de agua tropicales o subtropicales.

Alimentación

- Data de las épocas aztecas y africanas
- Segunda Guerra Mundial
- Desde 1981 legalmente autorizada EE.UU

Producción

- La FAO,(2008) estimó el primer reporte de producción de espirulina 68.400 Tn. China
- Ecuador 2003 PINTAG
- (2006) se registró la primera producción 33 Tn por año.

Ciclo de vida

- Fragmentación del tricoma
- Ampliación de células del hormogonio.
- Alargamiento del tricoma



	100g	1 Porción	100g	*
Energía (Kcal)	350	15,0	Vitamina A (mcg ER)	26.000 98%
Proteína (g)	65,0	2,0	Vitamina B1 (mg)	4,4 9%
Grasa total (g)	8,2	0,2	Vitamina B2 (mg)	7,0 13%
Saturadas (g)	1,1	0,0	Vitamina B6 (mg)	18,4 28%
Moniinsaturadas (g)	2,2	0,1	Vitamina K (mcg)	1.300 49%
Poliinsaturadas (g)	4,9	0,1	Cromo (mcg)	280 24%
Acidos grasos Trans (g)	0,0	0,0	Iodo (mcg)	1.800 36%
Colesterol (mg)	0,0	0,0	Hierro (mg)	83,0 18%
H. de carbono disponibles (g)	15,1	0,5	Manganeso (mg)	4,4 7%
Azúcares totales (g)	0,0	0,0	Selenio (mcg)	700 30%
Sodio (mg)	700	21,0		
Potasio (mg)	1.539	46,2		
Betacaroteno (mg)	156	4,7		
Clorofila (mg)	834	25,0		
Ficocianina (mg)	1.027	30,8		

* En relación a la dosis diaria recomendada (DDR)

Propiedades

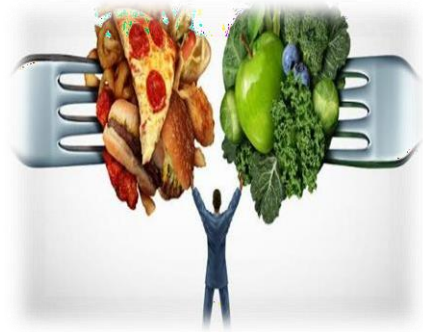
- Alto contenido de proteínas 70%
- Altamente digestible (mureína)
- Posee ácidos grasos insaturados, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas

Pigmentos

- Carotenoides
- Ficocianina
- Clorofila

Aplicaciones

- Alimentación humana y animal
- Fines terapéuticos
- Biofertilizantes
- Farmacéutica



Malos hábitos alimenticios



Enfermedades



Desnutrición

- La OMS ha afirmado que 6 de cada 10 enfermedades ya se relacionan con la mal nutrición
- 2019 (658 +)

- La desnutrición presenta riesgos considerables para la salud humana.
- En Ecuador la prevalencia de desnutrición es de 23,2 %, tal situación se empeora en las regiones rurales, presentándose con más frecuencia en la Sierra (32%), la Costa (15,7%), la Amazonía (22,7%) y la zona Insular (5,8%)

Espirulina



- Con la finalidad de aprovechar todas las propiedades nutricionales que posee



Gomitas con inclusión de espirulina de 1 y 5 g

OBJETIVOS

Objetivo General

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

Objetivos Específicos

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

HIPÓTESIS

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

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

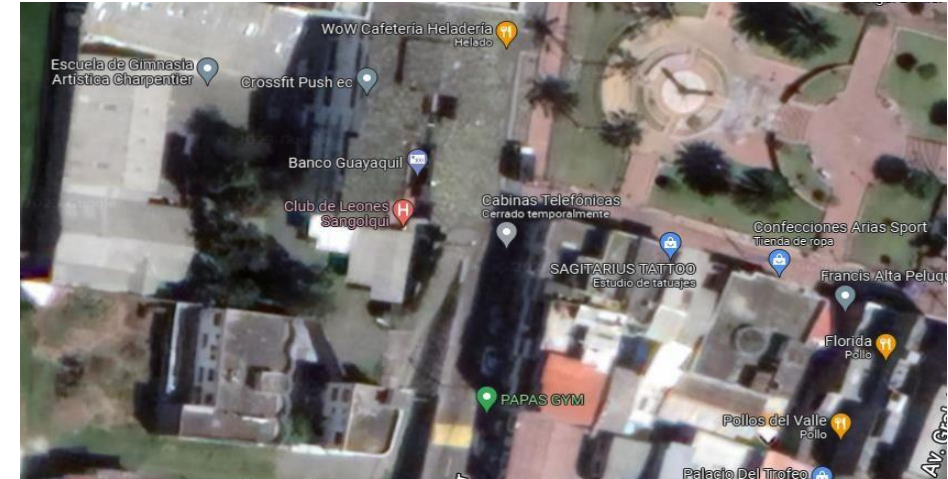
METODOLOGÍA

Ubicación del lugar de investigación



Fuente: Google Maps (2023)

- El estudio se realizó en las instalaciones de la Carrera de Agropecuarias IASA 1, laboratorio de Recursos Acuáticos y Acuicultura hacienda El Prado, parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.



Fuente: Google Maps (2023)

- El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Médico Club de Leones Carita de Dios en la parroquia de Sangolquí, cantón Rumiñahui.

METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en 3 fases:

1) Fase de laboratorio

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

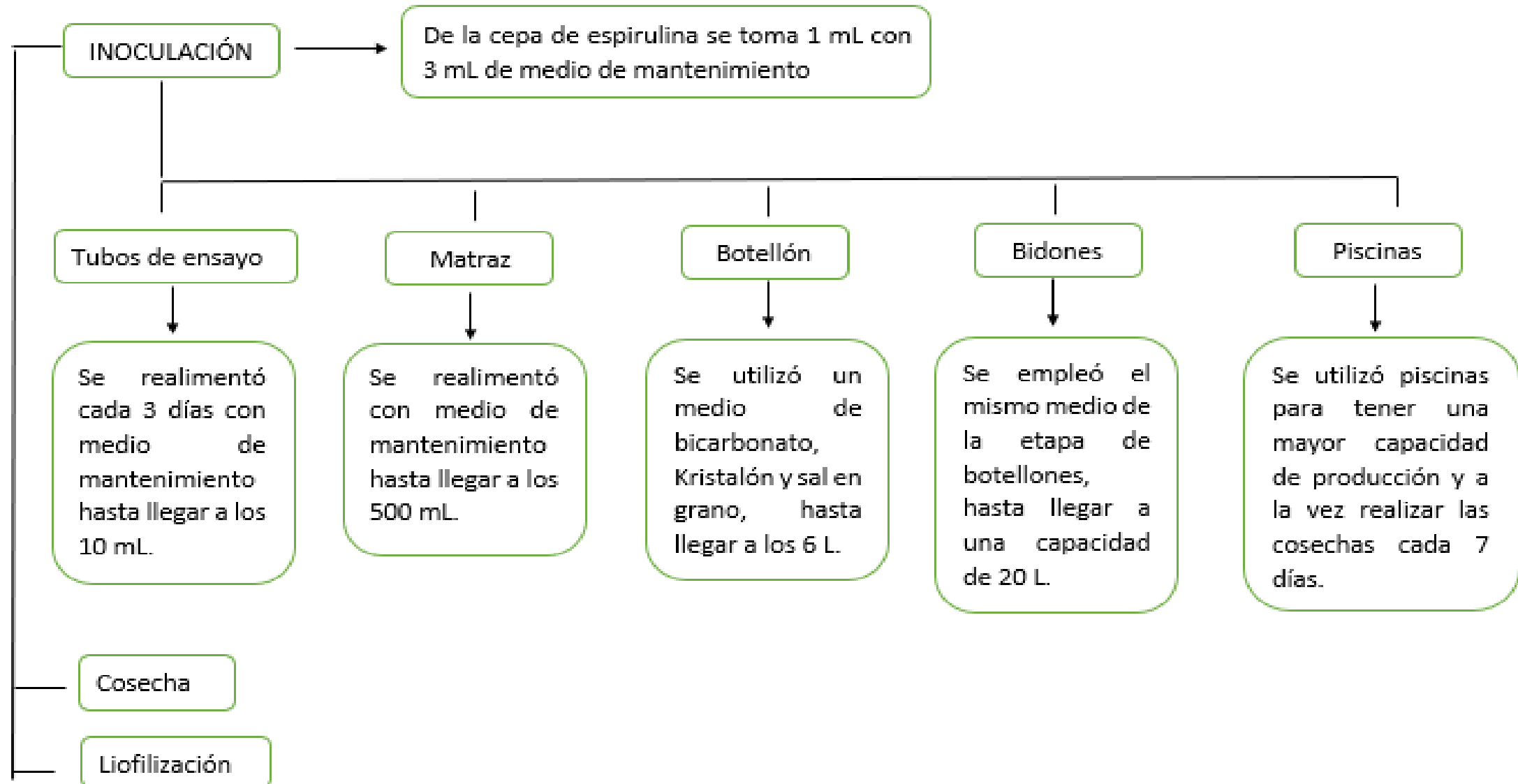
2) Elaboración de pastillas de goma con inclusión de espirulina

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

3) Tomas de sangre

Cada 20 días durante dos meses se realizó exámenes de sangre a las estudiantes mujeres de la Carrera Agropecuaria IASA -I para analizar su composición sanguínea al consumir pastillas de goma con espirulina.

METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

Parámetros Abióticos

pH	T°	Luz
9.8	19.70	657

Tabla 1
Rendimiento espirulina

Etapas	Filamentos	Absorbancia
Tubo de ensayo	4.4×10^4	0.75
Matraz	1.6×10^5	0.96
Botellones 4 L	4.7×10^5	1.22
Bidones 20 L	6.2×10^5	1.31
Piscinas	7.1×10^5	1.40

Volumen cosechado 300 – 400 mL
Volumen liofilizado 70 – 80 g
Rendimiento por litro 2.500 L para producir 1 Kg de proteína



Nota. Medición de parámetros abióticos A) Selección de espirulina, B) medición de pH, T°, luz



Nota. Medición de parámetros bióticos A) Absorbancia espectrofotómetro, C) Conteo celular

METODOLOGÍA

Grasa



Nota. Determinación de grasa de la espirulina.

Ceniza



Nota. Determinación de ceniza de la espirulina

Fibra



Nota. Determinación de fibra de la espirulina

Humedad



Proteína

Proteína: Espirulina (INIAP) EE SANTA CATALINA
Proteína: Pastillas de goma (LABOLAB)

Tabla 2

Ingredientes para la elaboración de gomitas por 100 mL

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

Nota. Autoría propia

Tabla 3

Composición nutricional de cada ingrediente empleado para la elaboración de gomitas. Para 100 g

Composición	Unidad	Gelatina sin sabor	Azúcar	Jarabe de glucosa	Espirulina
Energía	Kcal	320	396,40	281	373
Proteína	g	80	0	0	65
Grasa total	g	0	0	0	8,2
Carbohidratos	g	0	99,10	76	15,1
Grasa	g	0	0	0	1,1

Nota. Autor, INCAP (2006)

Tabla 4

Requisitos proximales para las gomitas

Requisito	Min	Max	Método de ensayo
Humedad, %	-	25,0	NTE INEN 265
Sacarosa, %	-	50,0	AOAC 930.36

Nota. Autor, INEN (2017)

Tabla 5

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

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

Nota. Autor, FAO (2000)

METODOLOGÍA

Proceso de elaboración

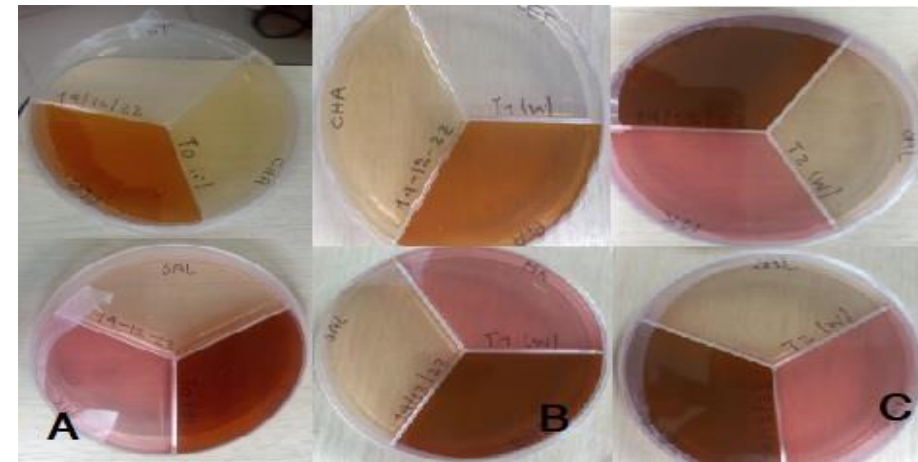


Nota: A) Hidratación de gelatina sin sabor, B) Añadida de azúcar, C) Mezcla y ebullición de agua con azúcar, D) Colocación de jarabe de glucosa, E) Espirulina en dosis indicadas, F) Solución de gomitas con espirulina, G) Saborizantes, H) Incorporación de ácido cítrico, F) colocación de la solución en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

Análisis Microbiológico



Nota: A) Selección de medios, B) Colocación de medio en matraces, C) Dispensación de los medios en cajas Petri, D) Técnica de rayado, E) Incubación por 24 horas a 37°C



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

Tabla 6

Escala hedónica de 5 puntos./

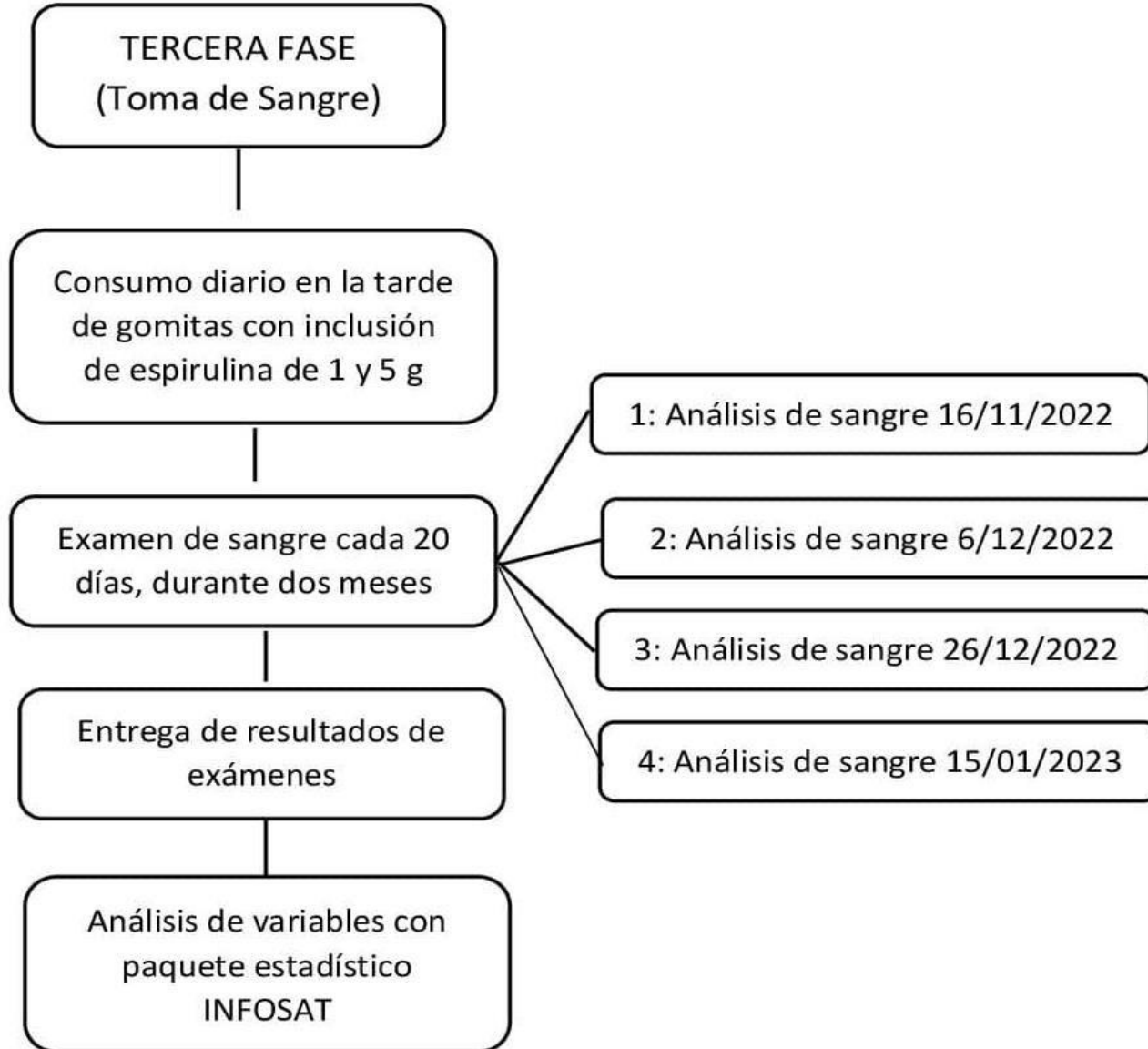
Puntaje	Calificación
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	No me gusta, ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

- Los datos obtenidos de la prueba organoléptica fueron analizados mediante un ANOVA simple y la prueba de Tukey al 5% para lo cual se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT.



Nota. Catación de los diferentes tratamientos T0 (Testigo), T1+1g, T2+5g

METODOLOGÍA



Nota. A) Gomitas 1 g espirulina, B) Gomitas 5 g espirulina, C) Toma de sangre Centro Médico Club de Leones.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 7

Descripción de los tratamientos

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

Nota. Autoría propia

Croquis diseño experimental



Nota. Autoría propia

- Se realizó un análisis de varianza ANOVA para un DCA y pruebas de comparación múltiple de LSD- Fisher con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 8

Análisis proximal de la espirulina

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

Nota. Autoría propia

Se obtuvieron valores que coinciden con la NMX -F (1988), misma que plantea el uso de la espirulina como fuente de proteína para consumo humano.

Estos valores pueden presentar diferencias a otros resultados obtenidos con espirulina, debido a las diferentes condiciones de producción (cepa, calidad, medio ambiente, etc.), sin embargo, estos valores están en los rangos máximos y mínimos encontrados por, Torres *et al.*, (2006).

Tabla 10

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

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

Nota. Autoría propia

Tabla 11

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

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

Nota. Autoría propia

Tafur & Obregón (2019)

Torres (2019) y Herrera *et al.*, (2022)

Ampudia (2019)

Tabla 12

Información nutricional de las pastillas de goma con 5 g de espirulina

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

Nota. Autoría propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 13

Análisis microbiológico de los tratamientos (pastillas de goma)

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

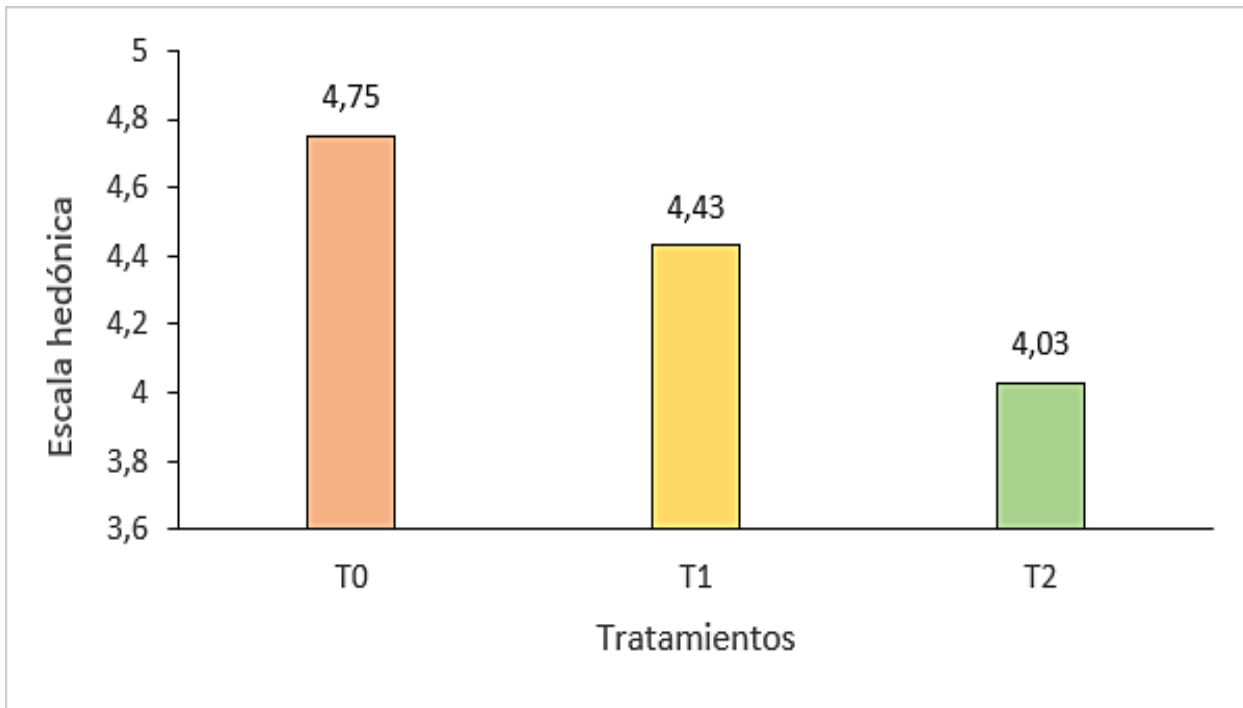
Nota. (+) presente, (-) ausencia, (+-) posible.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Sensorial

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



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

Tafur & Obregón (2019), (83.33%)

Shamosh (2009) menciona que:

vegetales marinos

sabor amargo – salado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hemoglobina

Tabla 14

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

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

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

Autores como, Sáenz & Valladares (2021) mencionan que, los valores de hemoglobina aumentaron significativamente en niños de edad escolar, que fueron alimentados con espirulina por 3 meses, llegando a valores de 0.218 a 0.633 según prueba de D de Cohen.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hematocrito

Tabla 15

Promedio \pm desviación estándar del nivel de hematocrito (%) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con las inclusiones de espirulina

Tratamiento	N	Hematocrito
T0	4	43.52 \pm 1.66 ab
T1	12	41.05 \pm 2,72 b
T2	12	46.18 \pm 2.97 a

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

Vladislavic (2016) donde obtuvo valores de 41,1 %.

Por otro lado, Sachdeva *et al.*, (2017) encontró que el nivel de hematocrito aumentó de 40,9 \pm 2,8 a 44,4 \pm 2,4 %, en niños de 7-9 años, que fueron suplementados con dos cápsulas de espirulina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 16

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

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

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

Hernández (2021), menciona que la ficocianina presente en la espirulina tiene la capacidad de reducir la glucemia en el sistema sanguíneo.

Bohórquez (2017), el consumo de espirulina en la salud de las personas con diabetes actúa como efecto modulador en el metabolismo de la glucosa.

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

Tabla 17

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

Tratamiento	N	Glóbulos rojos
T0	4	4.59 \pm 0.27 b
T1	12	4,73 \pm 0.21 b
T2	12	4.99 \pm 0.32 a

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

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proteínas totales

Tabla 18

Promedio \pm desviación estándar de proteína (g/dL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con las inclusiones de espirulina

Tratamiento	N	Hematocrito
T0	4	7.13 \pm 0.19 a
T1	12	6.92 \pm 0.40 a
T2	12	7.23 \pm 0.39 a

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

Glóbulos Blancos

Tabla 19

Promedio \pm desviación estándar de glóbulos blancos (10^3 cel/mL) en la sangre bajo el efecto de tres tratamientos con las inclusiones de espirulina

Tratamiento	N	Hematocrito
T0	4	7.08 \pm 0.19 a
T1	12	6.02 \pm 1.20 a
T2	12	6.36 \pm 0.87 a

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

CONCLUSIONES

- Se formuló pastillas de goma isoproteicas e isocalóricas a base de gelificante, jarabe de glucosa y azúcar, con la adición de 1 y 5 g de espirulina, encontrándose valores altos de proteína del 13.40 % correspondiente al T₂ y 9.72% de proteína correspondiente al T₁.
- El contenido nutricional de las pastillas de goma se caracterizó por presentar mayor contenido de proteína en el T₂ con (3.11%), energía (26.31 kcal), grasa total y saturada de 0 g carbohidratos (3.52 g), y sodio de (8.62 mg), seguido por el T₁ con (2.99%) de proteína, (26.09 kcal), grasa total y saturada 0 g, carbohidratos de (3.66 g) y sodio (5.74 mg), y finalmente el T₀ presentó (2.95%) de proteína, (26.05 kcal), grasa total y saturada 0 g, carbohidratos (3.69 g) y sodio de (4.97 mg).

CONCLUSIONES

- Los análisis microbiológicos no tuvieron la presencia de microorganismos o patógenos en los distintos tratamientos, indicando así que el producto elaborado cumplió con los requisitos que plantea la norma (INEN, 2012) y pueden ser consumidos.
- De acuerdo con el análisis organoléptico se concluyó que el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T₀ sin adición de espirulina, con una media de 4.75 dentro de la escala hedónica, tanto para las variables de olor, color y sabor a excepción de la variable textura la cual presentó similitud entre los distintos tratamientos.
- En la evaluación de la química sanguínea de 7 estudiantes mujeres de la Carrera de Agropecuaria del IASA 1, el T₂ mostró valores significativos en la hemoglobina (15.60 ± 0.93 g/dL), hematocrito ($46.18 \pm 2.97\%$), glucosa basal (83.89 ± 8.36 mg/dL), glóbulos rojos ($4.99 \pm 0.32 \times 10^6$ cel/mL).

RECOMENDACIONES

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

Agradecimientos



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA