



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**



**COMPARACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y PROPIEDADES
TECNOFUNCIONALES DEL CHACHAFRUTO (*Erythrina edulis*) TIERNO Y
ADULTO CULTIVADO EN EL VALLE, ESTADO MÉRIDA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de Licenciada en Bioanálisis**

www.bdigital.ula.ve

Autor:

Greysmar Nakary Moret Arias

C.I: 25703918

Tutor(a):

Prof(a). Odry Vivas

Mérida, Junio 2023

DEDICATORIA

Dedicar es un gesto de agradecimiento y gratitud a quienes han sido parte de esta gran aventura llamada vida. Este trabajo de investigación solicitado para optar al título de Licenciada en Bioanálisis lo dedico:

Primeramente a Dios ser supremo y padre celestial dador de la vida entendimiento y sabiduría, por ser mi guía personal y espiritual en la toma de decisiones, por guardarme como a la niña de sus ojos en cada paso que di en este largo trayecto. En medio de mis angustias y preocupaciones, Tú me distes las fuerzas y valentía, como las del profeta Josué, haciendo memoria de tu promesa “No temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas”. Orgullosa de ser hija de Dios.

En segundo lugar a mis padres los cuales han sido pilares fundamentales en mi vida. A mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. A mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez. Mis padres han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. El esfuerzo y las metas alcanzadas, reflejan la dedicación, el amor que invierten los padres en sus hijos. Gracias a mis padres hoy en día puedo decir que mi sueño cumplido es fruto de su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

En tercer lugar a mis hermanos, por estar siempre presentes, por el apoyo incondicional, la motivación y el gran aporte de conocimientos compartidos, por ser una mano amiga en los momentos de más necesidad, gracias por ser parte de esta gran travesía de mi carrera profesional.

A mi esposo, en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo incondicional alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, su amor y paciencia fue un pilar fundamental para concluir esta meta.

A mi hijo, mi motor, mi impulso para alcanzar cada sueño, cada meta trazada en mi vida, eres mi mayor bendición y cada uno de tus pasos me impulsan a dar pasos de gigantes. Orgullosa de que seas mi mayor esperanza, mi luz, mi bendición del cielo.

www.bdigital.ula.ve

Greysmar Moret

AGRADECIMIENTOS

Agradecer es un sentimiento de gratitud y estima, para con quienes caminaron junto a ti haciendo posible tus metas y sueños que hacen parte de una historia que apenas comienza. De esta forma, agradezco principalmente a Dios, el cual me premio con el regalo más bello la vida, por ser mi guardador y acompañarme en cada uno de mis caminos. Agradecida por ser mi castillo, mi roca fuerte y mi guía. Agradecida en gran manera por tu amor incondicional y Tu favor para con tu hija.

A mis padres José Hernán Moret Sánchez y Ana Mercedes Arias de Moret, por su gran esfuerzo, amor, trabajo, dedicación, ejempló y apoyo incondicional fueron una escalera al cielo llena de motivaciones para escalar a tan preciada meta. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, trabajo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre. Agradecida con Dios por ser merecedora de ustedes y poder compartir este gran logro junto a mis seres queridos.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanos Greisy Moret y Josué Moret, que con sus palabras me hacían sentir orgullosos de lo que soy y de los que le puedo enseñar. Son un pilar fundamental en mi vida personal y profesional.

Sobre todo a mi esposo Yuarli Bladimir Salas Luzardo, que hace que mis días sean maravillosos. Gracias por ser mi cómplice, mi confidente, mi amigo, mi ayuda idónea y mi apoyo incondicional, por ayudarme a crecer por amarme, por ser tan tú, pero sobre todo gracias por nunca cortarme las alas, porque extendiste las tuyas y me ayudaste a volar a creer y a no desfallecer aun en las adversidades. Gracias por ayudarme a dar este gran paso que no solo es mío si no también es tuyo. Mi corazón te pertenece. Te amo.

A mi hijo, Mathias Abraham Salas Moret mi compañerito de vida quien me llena de amor en los días más grises y dibuja un arcoíris en medio de muchas adversidades y tormentas, quien levanta mis ánimos en los días que no deseo caminar, quien me llena con su ternura e inocencia hacer una mejor persona y me enseña a caminar en un mundo mejor lleno de sonrisas besos y abrazos donde solo existe el hoy de la felicidad y alegría. Agradecida con Dios por tenerte en mi vida eres una bendición del cielo y llegaste en el mejor momento para ser parte de este logro que también es tuyo hijo mío.

Agradezco también a mi casa de estudio mi amada e ilustre Universidad de Los Andes, quien me ha acogido como una hija más para formarme y capacitarme como excelente persona y profesional para llevar muy en alto el nombre de Ulandina. A los profesores que hicieron parte de esta formación académica excelentes seres humanos y profesionales que con su paciencia, dedicación y vocación transmitieron todos los conocimientos adquiridos para comenzar mi historia profesional y laboral.

A mi tutora Odry Vivas, excelente ser humano y profesional que Dios me coloco en el camino, quien ha sido una mano amiga y nunca me ha desamparado, un pilar incondicional en la realización de este trabajo, su ayuda fue de gran relevancia. Agradecida de todo corazón por sus enseñanzas, paciencia, disposición, comprensión y su tiempo que fue uno de los regalos más valiosos para la culminación de este trabajo de investigación.

A mí jurado evaluador Prof. Marielba Morillo y Prof. Zoitza Ostojich, infinitas gracias por su aporte de manera desinteresada para la culminación de este trabajo de investigación, su ayuda fue de gran utilidad.

Agradezco una vez más a Dios por el regalo de la amistad, ya que en esta montaña rusa llena de emociones, tuve la gran oportunidad de ganar amigas que son como hermanas en especial a mi gran amiga Keilin Rangel, hermosa persona gran ser humano, que por motivos superiores tuvo que declinar sus sueños y aún siguen y seguirán existiendo lazos de amistad que con la distancia se hacen cada día más fuertes. Además, a mis niñas, Dahyen Hernandez, Brenda Jaimes y Brendys Jaimes, todas personas valiosas y un tesoro del cielo, excelentes seres humanos y profesionales mis colegas, agradecidas estoy por haberlas encontrado en mi camino y ayudarme hacer de este un camino más llevadero lleno de experiencias inolvidables de risas y traspasos llenos de lágrimas pero también de alegrías, siempre las llevaré en mi corazón y en mis recuerdos hoy puedo decir que estoy orgullosa de ustedes y de llamarlas mis amigas y además mis colegas.

www.bdigital.ula.ve

Greysmar Moret

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	Xi
ÍNDICE DE TABLAS	Xii
RESUMEN	Xiii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes del problema	1
El Problema	5
Antecedentes Teóricos	6
Trabajos Previos	6
Antecedentes Históricos o Epistemológicos	6
Bases Teóricas	8
Aproximación Teórica sobre el Análisis Proximal de una Materia Prima	8
Aproximación Teórica sobre las Propiedades Tecnofuncionales de una Materia Vegetal	9
Importancia de las Leguminosas en la Alimentación Humana	9
<i>Erythrina edulis</i>	10
Valor Nutricional del Chachafruto	15
Valor Nutricional de Aminoácidos del Chachafruto	17
Usos del chachafruto (<i>Erythrina edulis</i>)	19
Alimentación Humana	19
Otros Usos	20
Determinación del Análisis Proximal de Productos Alimenticios	20
Humedad	21

Cenizas	21
Proteína Cruda	21
Grasas cruda	21
Propiedades Tecnofuncionales de los Alimentos	22
Capacidad de Absorción de Agua (CAA)	23
Capacidad de Retención de Aceite (CRAc)	23
Capacidad de Gelificación (CG)	23
Capacidad Espumante (CES) y Estabilidad de la Espuma (ESE)	24
Definición Operacional de Términos	25
Proteínas	25
Aminoácidos	25
Hidratos de Carbono	25
Fibra	26
Lípidos	26
Minerales	26
Vitaminas	27
Definición Operacional de Variables	27
Objetivos de la investigación	28
Objetivo General	28
Objetivos Específicos	28
MATERIALES Y METODOS	29
Tipo de Investigación	29
Diseño de Investigación	29
Población y Muestra	30
Unidad de la Investigación	30
Selección del Tamaño de la Muestra	30

Sistema de Variables	30
Instrumento de Recolección de Datos	31
Procedimiento de la Investigación	31
Recolección de la muestra	31
Preparación de las Harinas de <i>Erythrina edulis</i>	31
Harina fruto completo (HFC)	31
Harina del grano (HG)	32
Análisis proximal de <i>Erythrina edulis</i>	33
Análisis del Porcentaje de Humedad de <i>Erythrina edulis</i>	33
Análisis del Porcentaje de Cenizas de <i>Erythrina edulis</i>	34
Análisis del Porcentaje de Proteína Cruda de <i>Erythrina edulis</i>	35
Análisis del Porcentaje de Grasa Cruda de <i>Erythrina edulis</i>	37
Determinación de las Propiedades Tecnofuncionales	39
Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (CAA) de las Harinas de <i>Erythrina edulis</i>	39
Determinación de la Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) de las Harinas de <i>Erythrina edulis</i>	39
Determinación de la capacidad Emulsionante (CEm) de las Harinas de <i>Erythrina edulis</i>	40
Determinación de la Capacidad Espumante (CES) y la Estabilidad de la Espuma (ESE) de las harinas de <i>Erythrina edulis</i>	41
Determinación de la Capacidad de Gelificación (CG) de las Harinas de <i>Erythrina edulis</i>	42
Diseño de Análisis de los Datos	42
Variables Estadísticas	43
RESULTADOS Y DISCUSION	45
Resultados	45

Discusión	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
Conclusiones	58
Recomendaciones	60
REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS	61

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1	Árbol de <i>Erythrina edulis</i>	12
2	Floración de <i>Erythrina edulis</i>	13
3	Legumbre de tamaño adulto	13
4	Legumbre de tamaño tierno	14
5	Grano de <i>Erythrina edulis</i> fruto adulto	14

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

N°		Pág.
1	Clasificación botánica de <i>Erythrina edulis</i>	12
2	Contenido de nutrientes del Chachafruto en base seca	15
3	Porcentaje de eficiencia proteica del chachafruto solo y complementado	16
4	Utilidad neta de la proteína	17
5	Contenido total de aminoácidos del Chachafruto en referencia a otras leguminosas	18
6	Índice de aminoácidos	19
7	Operacionalización del objeto de estudio	27
8	Variables estadísticas según la naturaleza, escala de medida o indicadores estadísticos	44
9	Dimensiones de los granos en sus etapas de desarrollo	45
10	Análisis proximal de las harinas de fruto completo y grano en estadios tierno y adulto de <i>Erythrina edulis</i> .	46
11	Propiedades tecnofuncionales de las harinas de fruto completo y grano en estadios tierno y adulto de <i>Erythrina edulis</i> .	48
12	Capacidad de gelificación formada por las harinas de fruto completo y harinas del grano de <i>Erythrina edulis</i>	49



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE FARMACIA
DEPARTAMENTO CIENCIA DE LOS ALIMENTOS



**COMPARACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y PROPIEDADES
TECNOFUNCIONALES DEL CHACHAFRUTO (*Erythrina edulis*) TIERNO Y
ADULTO CULTIVADO EN EL VALLE, ESTADO MÉRIDA**
Trabajo de Grado

Autor:

Greysmar Nakary Moret Arias

C.I: 25.703.918

Tutor:

Prof(a). Odry Vivas

RESUMEN

Se comparó el valor nutricional de *Erythrina edulis* tierno y adulto en sus fracciones de grano y fruto completo así como las propiedades tecnofuncionales. Se separaron las muestras en grano y fruto completo del estadio tierno y adulto del chachafruto cultivado en El Valle, estado Mérida, a partir de los cuales se elaboraron harinas. Las muestras se identificaron como harina de grano tierno (HGT), harina de grano adulto (HGA), harina de fruto completo tierno (HFCT) y harina de fruto completo adulto (HFCA). Se realizó el análisis proximal determinando el contenido de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda y carbohidratos, así como las propiedades tecnofuncionales (capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad emulsionante y capacidad gelificante). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la composición nutricional de todas las muestras analizadas. Destacó el porcentaje de proteínas de la HGT, con un 38,46 % siendo significativamente mayor al resto de las harinas evaluadas. También se observaron mayores aportes de proteínas y cenizas en la muestra de HFCA con relación a la HGA, donde la presencia de la vaina influyó en este resultado, destacando además que este es el estadio más común para el consumo humano. Además, las propiedades tecnofuncionales demostraron que las harinas evaluadas son factibles de utilizar en diversas formulaciones de alimentos para el consumo humano. La investigación demostró el potencial nutricional y de aplicación del chachafruto tierno y adulto, en sus fracciones grano y fruto completo, siendo necesario realizar análisis especializados para obtener mayor información.

Palabras clave: *Erythrina edulis*, chachafruto, proteínas, análisis proximal, propiedades funcionales.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del Problema

El chachafruto (*Erythrina edulis*) es originario de Los Andes tropicales, desde la cordillera de Mérida, Venezuela, hasta la frontera Bolivio-Argentina pasando por Colombia, Ecuador y Perú, prosperando entre altitudes a 1200 y 2600 m.s.n.m.¹. Es una leguminosa multipropósito con un amplio espectro de usos que van desde la alimentación humana (grano) y animal (forraje) hasta la recuperación de los suelos degradados, dada su capacidad de fijar nitrógeno en suelo. A pesar de que esta leguminosa se cultiva en el territorio andino de Venezuela, es importante reflejar que es poco conocida y consumida en estas zonas.

La actual situación de inseguridad alimentaria que se vive en Venezuela², exige la búsqueda de fuentes alimenticias de alta calidad, principalmente en carbohidratos complejos y proteínas, con el propósito de atender los casos de malnutrición que afectan a la población. Las leguminosas destacan como una buena fuente de proteínas de origen vegetal, que, a pesar de ser deficientes en metionina y cisteína, tienen una calidad nutricional adecuada por su alto contenido de lisina. Entre ellas se menciona a *Erythrina edulis* Triana, que posee un alto contenido de proteínas (20,50 %) además de tener un perfil de aminoácidos comparable al del huevo y superior al del frijol o la arveja³.

La determinación del potencial nutricional de los alimentos se basa en el análisis de la composición química de nutrientes. Considerando que la nutrición es el proceso por el cual el organismo ingiere, digiere, absorbe, transporta, utiliza y excreta las sustancias alimenticias, lo que permite el crecimiento, mantenimiento y reparación del organismo⁴.

El valor nutricional se delimita por su composición química dependiendo de diversos factores como el estado de madurez de un fruto. Una fruta

madura tiene un valor nutricional distinto al mismo fruto tierno, por lo que es importante conocer los valores nutricionales de los alimentos en sus posibles estadios, para identificar su potencialidad como alimento.

La valoración química de un alimento se realiza a través de los métodos analíticos que consisten en la separación de un todo, separándolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos⁵. El análisis del valor nutricional de un producto alimenticio se basa en conocer los componentes del mismo a través de un análisis químico proximal, midiendo de esta forma parámetros tales como: humedad, grasas, carbohidratos, proteínas y minerales.

Además, algunos de los nutrientes como los carbohidratos y las proteínas, son encargados de crear determinadas características cuando están presentes en los alimentos. Esto da origen al concepto de propiedades tecnofuncionales que expresan las cualidades fisicoquímicas de los carbohidratos y proteínas alimentarias, que determinan su comportamiento en los alimentos durante el procesamiento, almacenamiento y consumo; dichas propiedades y la forma en que las proteínas interactúan con otros componentes influye directa e indirectamente en las aplicaciones tecnológicas, la calidad y la aceptación de los alimentos⁶.

Las aproximaciones teóricas que sustentaron esta investigación son: El análisis proximal de una materia prima, las propiedades tecnofuncionales de una materia vegetal, haciendo énfasis al análisis proximal de los alimentos y a las propiedades tecnofuncionales^{7, 8, 9}.

La comparación del valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto, motivó la revisión de publicaciones correspondientes a los últimos 5 años. En este sentido, diversos autores han analizado:

Velgarin¹⁰, evaluó el efecto de la incorporación de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*) en el valor nutricional de un yogurt a nivel industrial. Para la evaluación determinaron el análisis proximal donde se cuantificaron los

aportes de proteínas, humedad, cenizas, grasas y fibra. Este estudio demostró que la incorporación de la harina de chachafruto aumentó el valor nutricional del producto.

Otro estudio, evaluó la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto libre de gluten¹¹. Se realizó el análisis proximal a la harina de chachafruto y el estudio demostró esta harina puede utilizarse efectivamente como reemplazante de la harina de trigo.

Un tercer estudio propuso la obtención de hidrolizados proteicos bajos en fenilalanina a partir de suero de leche y chachafruto (*Erythrina edulis Triana*). Donde se trabajó con las metodologías analíticas de las características proximales para las 2 muestras, obteniendo así buenos resultados de reducción de fenilalanina y alto contenido proteico.

Para dar continuidad al estudio de los antecedentes, se menciona a la justificación de la investigación. Por medio de la justificación se demuestra que el estudio es necesario e importante. Además de los objetivos y las preguntas de investigación, es necesario justificar el estudio exponiendo sus razones¹².

En la presente investigación se identificaron necesidades tales como:

1. La inseguridad alimentaria que existe en Venezuela la cual es determinante en el estado de malnutrición que afecta a la población². Por lo cual, el venezolano ha tenido que adaptarse a la situación del país en cuanto a las necesidades básicas de vida, comprando y consumiendo alimentos de bajo precios que por lo general presentan un valor nutricional deficiente, lo que implica el consumo de un alto contenido de carbohidratos como azúcares simples y almidón.
2. El conocimiento del valor nutricional de un alimento cultivado en la región andina venezolana, con demostrado alto valor nutricional pero poco conocido y consumido. Para esto la investigación se focaliza en el estudio de valoración nutricional a través del análisis proximal.

3. El interés en conocer si existe diferencia en los valores de nutrientes del chachafruto en dos estadios de desarrollo de la legumbre, identificados como fruto tierno y adulto.
4. Las investigaciones previas han demostrado un alto contenido en carbohidratos complejos y proteínas. Por esta razón, determinar las propiedades tecnofuncionales⁹, aportaría información acerca del potencial de uso de esta leguminosa.

Por lo antes expuesto, se identifica la importancia de informar a la población andina acerca del potencial nutricional del Chachafruto; leguminosa poco conocida, que puede representar una buena fuente de nutrientes y ser consumido en una gran diversidad de platos o presentaciones, evaluando además la posibilidad de máximo aprovechamiento de esta legumbre incluyendo la vaina y estudiando dos estadios del fruto.

En correspondencia a lo antes expuesto, para iniciar el proceso de investigación, es necesario estudiar en un laboratorio químico aplicando metodologías analíticas que permitan identificar la composición básica del chachafruto en sus dos estadios como el fruto tierno y adulto a través de los métodos analíticos correspondientes al análisis proximal y las propiedades tecnofuncionales. Por lo cual, el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, en Mérida, cuenta con los equipos para realizar dichos análisis. El alcance de esta investigación estuvo representado por la comparación del valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto estableciendo un criterio de clasificación: para estudiar la parte comestible de la planta y su madurez. Además, con fase analítica: a través de los métodos analíticos.

Específicamente, en esta fase del proyecto se identificaron limitaciones en cuanto a la disponibilidad de trabajos previos, pues se han encontrado pocos artículos actualizados que incluyan el análisis de la vaina y estudios de

granos frescos o en estadio inicial de desarrollo. También la investigación tiene limitaciones de presupuesto, disponibilidad de equipos y reactivos para realizar análisis más específicos como por ejemplo perfil de aminoácidos y minerales.

El Problema

Una vez descrito el evento de estudio y la situación actual del problema, la autora de esta investigación refiere el siguiente enunciado holopráxico: ¿Cuáles son las diferencias entre la valoración nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto cultivado en El Valle, estado Mérida?

www.bdigital.ula.ve

Antecedentes teóricos

Trabajos Previos

Velgarin López¹⁰, publicó una tesis en la que evaluó el efecto de la incorporación de la harina de chachafruto en yogur comercial, obteniendo resultados que mostraron un incremento en el contenido de proteínas y minerales con respecto al producto convencional.

Silva *et al.*¹¹, evaluaron el uso de la harina de chachafruto en la elaboración de un producto libre de gluten. Este estudio demostró que la utilización de 15% harina de chachafruto y 85% harinas de otras fuentes como amaranto y arroz sirvieron para elaborar productos libres de gluten.

Villafuerte *et al.*³, obtuvieron hidrolizados proteicos bajos en fenilalanina a partir de suero dulce de leche y chachafruto (*Erythrina edulis* Triana). Los investigadores aplicaron varios procesos como la hidrólisis enzimática y la precipitación de proteínas por punto isoelectrico, logrando obtener un producto con proteínas aisladas libres de fenilalanina, que puede ser consumido por paciente con condición de fenilcetonuria.

Antecedentes Históricos

Desde la antigüedad, las leguminosas han jugado un papel importante en la alimentación humana. El nombre del género *Erythrina* proviene del griego (erythros) que significa rojo en alusión al color de sus flores, y el epíteto *edulis* del vocablo latino (*edulis*) que significa comestible en referencia a su fruto¹³. Es comúnmente conocida en Venezuela como frijol mompas, bucare, balú, y chachafruto; en Colombia como balu, baluy, nupo frijol balu; en Ecuador como guato, sachaporoto; en Perú como basul, pajuro, antiporoto; en Bolivia como sachahabas y en Argentina como pashuro, pajuro¹.

El chachafruto es un árbol propio de países andinos, tiene un área de dispersión que comprende desde la cordillera andina de Venezuela, hasta la frontera Bolivio-Argentina, pasando por Colombia, Ecuador y Perú. Según la historia el Chachafruto llegó a Colombia, desde el Perú, traído por los indígenas Inganos descendientes de los Incas quienes venían huyendo de la guerra y traían granos cocinados como fiambre y granos vivos que sembraron por el camino hasta que se establecieron en un sitio llamado "Porotal". Según se dice que el sachaporoto salvó la comunidad de dos hambrunas, causadas por las inclemencias del clima que no les permitía sembrar frijol y maíz, la cual era base de su alimentación, el sachaporoto fue la salvación para ese tiempo, por lo cual no desapareció y sus granos fueron fuente de proteína¹⁴.

Existen reportes de la presencia de chachafruto en el estado Mérida, Venezuela, donde los investigadores de dicho trabajo realizaron un estudio documental sobre la introducción de este árbol, a través de diferentes iniciativas agroecológicas, considerando aspecto como la introducción, aceptación y uso por parte de productores agrícolas de esta leguminosa en la zona¹.

En la Universidad Nacional de Colombia, Barrera y Mejía¹⁵, muestran un análisis proximal del grano joven, grano adulto y vaina del chachafruto donde plasmaron los siguientes resultados. El grano joven presentaba una humedad del 4,0 %, cenizas 5,24 %, grasas 1,55 %, fibra cruda 8,44 %, proteína 26,16 %, y extracto libre de nitrógeno 54,58 %. Por otro lado, el grano adulto presentaba de humedad 5,0 %, cenizas 5,0 %, grasas 1,64 %, fibra cruda 8,73 %, proteína 23,57 % y extracto libre de nitrógeno 56,06 %. También se realizó la evaluación de minerales en los granos cocinados, tegumento de grano y vaina de (*Erythrina edulis*), presentando calcio, magnesio, sodio, fosforo, azufre, hierro, molibdeno, cobre, zinc y potasio.

Mejía *et al.*¹⁶, desarrollaron una investigación titulada "Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo del grano de chachafruto, *Erythrina*

edulis Triana”. El objetivo fue describir la morfología del grano, las etapas de desarrollo del grano y de la plántula durante el primer mes de vida. Analizaron su composición química y evaluaron los efectos de tamaño, temperatura y almacenamiento sobre los porcentajes de emergencia de la plántula a intervalos de siembra. El análisis proximal del grano mostró alto contenido de proteínas con un promedio de 21,6 % a 22,7 %.

Alzate *et al.*¹⁷, determinaron las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (*Erythrina edulis* Triana Ex. Micheli). Los resultados obtenidos por el análisis químico proximal tanto para la harina como el almidón fueron de humedad 12,50 % y 12,60 %, cenizas 1,50 % y 0,90%, proteínas 18,50 % y 0,80 %, grasas 2,50 % y 1,82 %, fibra 0,50 % y no determinado.

Bases Teóricas

Análisis Proximal de una Materia Prima

El análisis proximal también conocido como análisis inmediato o básico de los alimentos, es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de los alimentos y de sus componentes. Esta información es de gran relevancia para la comprensión de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la capacidad para producir alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor⁷.

El análisis proximal tiene como propósito principal conocer la composición de los macronutrientes presentes en los alimentos e incluyen la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteína total, fibra dietética y carbohidratos asimilables⁷.

Propiedades Tecnofuncionales de una Materia Vegetal

Las propiedades tecnofuncionales, son aquellas que proporcionan información del comportamiento físico-químico de las proteínas en un sistema alimenticio. Dichas propiedades denotan características que afectan el comportamiento principalmente de las proteínas en la preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo de los alimentos. Así pues, se observa que no sólo son importantes en determinar la calidad del producto final, sino que también son útiles en el proceso. Por lo tanto, para que una materia vegetal sea empleada como ingredientes es necesario estudiar las propiedades funcionales de las mismas y que puedan impartir las características deseadas en una determinada formulación⁸.

Las propiedades funcionales están vinculadas a la capacidad que poseen las macromoléculas para fijar en sus estructuras una cierta cantidad de moléculas de agua y aceite. De este modo, tales macromoléculas presentan unas propiedades muy específicas, dependiendo tanto de su conformación estructural como de las interacciones con el agua o el aceite, estas propiedades se reflejan en parámetros como la capacidad de retención de agua y aceite o la capacidad de hinchamiento. Dichas propiedades se establecen por la composición y estructura molecular de los componentes individuales, como carbohidratos y proteínas, y de las interacciones que se establecen entre ellos⁹.

Importancia de las Leguminosas en la Alimentación Humana

Se da a conocer la familia Leguminosae, que es la tercera más diversa del mundo, la segunda más importante a nivel económico, una de las principales fuentes de alimento, madera, miel, resina, forraje y compuestos químicos. Adicionalmente, es una de las más importantes a nivel ecológico por su papel en la fijación de nitrógeno. Las leguminosas son una importante

fuentes de nutrición para miles de millones de personas en todo el mundo, ya que sus granos son excelentes fuentes de proteínas, carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales y fitoquímicos¹³.

Los granos de las leguminosas ocupan un lugar importante en la nutrición humana, especialmente en el patrón dietético de los grupos de personas con bajo ingreso en los países en desarrollo. Las leguminosas, considerada la carne del pobre, son generalmente buenas fuentes de carbohidratos de liberación lenta y son ricas en proteínas. Estas son normalmente consumidas después de someterlas a algún tipo de proceso de cocción, lo cual no solo mejora la palatabilidad de las comidas, sino que también incrementa la biodisponibilidad de nutrientes ya que se inactivan los inhibidores de enzimas y las hemaglutininas¹⁸.

Erythrina edulis

Erythrina edulis Triana; Chachafruto, balu, basul, pallar, sachaporoto o frijol de árbol, es un árbol leguminoso de la familia fabaceae, originario de la zona subandina (Sur América) y se encuentra usualmente como sombra de los cafetales, su semillas, hojas y forraje se usan para alimento animal, mientras que sus frutos se usan como alimento humano. En la Tabla 1, se presenta la clasificación botánica de esta especie vegetal.

En lo que concierne a la alimentación humana se reporta un 23 % de proteína y un perfil de aminoácidos comparable al del huevo y superior al del frijol y la arveja. Es considerado un alimento completo con mejor calidad de proteínas cuando se mezcla con maíz y alimentos ricos en metionina y en triptófano como los cereales¹⁵.

Además, posee características importantes como rápido crecimiento, altas producciones de biomasa, fácil propagación por medio vegetativo y su habilidad para soportar podas con rebrotes posteriores vigorosos, hacen de *Erythrina* un género interesante para ser utilizado en agroforestería. Por su

abundante nodulación en las raíces y su potencial como fijador de nitrógeno, se abren bastantes posibilidades para el establecimiento de plantaciones en suelos de baja fertilidad y/ o recuperación de suelos¹⁹.

El árbol del chachafruto puede alcanzar una altura promedio de 8 metros, y su tronco puede llegar hasta 47 cm de diámetro (Figura 1). Posee espinas en el tronco y ramas. Comienza a fructificar a partir del año y medio a 2 años, y tiene una vida útil de hasta 50 años. Las flores del chachafruto tienen un hermoso color rojo carmín, atrayendo por su néctar y por su colorido a aves, abejas y pegones. Las flores van dispuestas en racimos de hasta 40 cm de longitud (Figura 2). Cada racimo tiene un promedio de 190 flores, de estas flores se convierte en legumbres un promedio de 14, proceso que dura 65 días²⁰.

Los frutos son legumbres con un promedio de 30 cm de longitud y unos 6 granos por cada vaina, el número de frutos por kilogramos es de 7 a 8 y la vaina o cáscara del fruto constituye la mitad de su peso (Figuras 3 y 4). Los granos tienen forma de frijol grande, con un tamaño promedio de 5 cm, posee una cascarilla o cubierta de color rojizo, aunque en algunas variedades esta cubierta es más clara (Figura 5). El número promedio de granos por kilogramo es de 62. Las hojas están compuestas de tres partes (son trifoliadas) tienen espinas en los pecíolos y nerviaciones, y se caen del árbol una vez al año²⁰.

Tabla 1.

Clasificación botánica de *Erythrina edulis*

Clasificación botánica	
Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Subfamilia	Faboideae (papilionoideae)
Genero	Erythrina
Especie	<i>Erythrina edulis</i> , Triana, ex M Micheli

Fuente: Barrera y Mejías¹⁵.



Figura 1. Árbol de *Erythrina edulis*. Fuente: Moret (2022).



Figura 2. Floración de *Erythrina edulis*. Fuente: Moret (2022).

www.bdigital.ula.ve



Figura 3. Legumbre de tamaño adulto. Fuente: Moret (2022).



Figura 4. Legumbre de tamaño tierno. Fuente: Moret (2022).



Figura 5. Granos de *Erythrina edulis* en fruto adulto. Fuente: Moret (2022).

Valor Nutricional del Chachafruto

El chachafruto, es una leguminosa de alto contenido en carbohidratos complejos como almidón y fibra, proteínas, minerales y bajo contenido de grasas como se puede observar en la Tabla 2¹¹.

Tabla 2.

Análisis proximal de la harina de chachafruto en base seca

Nutrientes	Porcentaje (%)
Proteína	11,90
Grasa	0,42
Carbohidratos totales	80,26
Fibra	0,96
Cenizas	6,44

Fuente: Silva et al¹¹.

Además, para conocer el valor y la calidad proteica de un determinado alimento se han definido en el campo de la nutrición y dietética los conceptos de utilización neta de la proteína (UNP), porcentaje de eficiencia proteica (PER), valor biológico de la proteína (BV), digestibilidad e índice de aminoácidos esenciales (IAE)²⁰. El porcentaje de eficiencia proteica (PER) del chachafruto solo y complementado con 0,1 % de metionina en 10 % de proteína, puede apreciarse en la Tabla 3.

Tabla 3.

Porcentaje de eficiencia proteica (PER) del chachafruto solo, complementado y otras fuentes

Producto	PER
Chachafruto solo	1,15
Chachafruto complementado	2,33
Leche en polvo	2,78
Frijol	0,88
Guandul o cajan	1,60
Lenteja	0,91
Soya	2,32
Huevo	3,92

Fuente: Pérez²⁰.

Del análisis de la Tabla 3, podemos entender que la eficiencia proteica (PER) del chachafruto se mejora notablemente al complementarlo con metionina, esto puede hacerse en la práctica combinándolo con alimentos que sean ricos en este aminoácido como lo es por ejemplo el maíz. Al hacer esta combinación chachafruto-maíz logramos un alimento de alta eficiencia proteica²⁰.

Otro parámetro relevante relacionado con el contenido de proteínas es la utilidad neta de la proteína, la cual puede observarse en la Tabla 4.

Tabla 4.

Utilidad neta de la proteína (UNP)

Producto	UNP
Chachafruto tostado	41,30
Chachafruto hervido	37,44
Chachafruto cocinado	43,05
Frijol	38,40
Lenteja	29,70
Arveja	46,70
Soya	61,40
Huevos	93,50
Pescado	80,00
Pollo	65,00

Fuente: Pérez²⁰.

Valor nutricional de Aminoácidos del Chachafruto

El valor biológico de las proteínas está influenciado entre otros factores por el contenido de aminoácidos. En la Tabla 5, se muestra el contenido total de aminoácidos del chachafruto comparado con el de otras leguminosas²⁰.

Tabla 5.

Contenido total de aminoácidos del chachafruto en referencia a otras leguminosas

Aminoácido	Chachafruto	Frijol	Arveja	Soya	Haba
Lisina	6,91	6,24	6,96	6,38	6,46
Histidina	5,84	2,50	2,38	2,53	2,37
Treonina	5,84	3,87	3,58	3,86	3,36
Valina	5,57	4,62	4,08	4,80	4,40
Metionina	1,31	1,17	0,88	1,26	0,74
Isoleucina	5,20	3,73	3,20	4,54	4,00
Leucina	8,24	6,51	6,37	7,78	7,09
Fenilalanina	4,99	4,72	4,22	4,94	4,32
Triptófano	0,66	0,56	0,74	1,28	N.D
Tirosina	5,50	2,70	3,34	3,14	3,20
Arginina	5,63	5,87	9,46	7,23	8,90
Ácido Aspártico	19,47	11,1	11,0	11,7	11,2
Serina	5,71	5,57	4,75	5,12	4,48
Ácido Glutámico	17,42	16,2	18,4	18,7	15,0
Prolina	5,25	3,97	3,87	5,45	3,98
Glicina	5,44	3,31	4,14	4,18	4,13
Alanina	7,73	3,74	4,18	4,26	4,14

Fuente: Pérez²⁰.

Otro parámetro de importancia relacionado con las proteínas es el índice de aminoácidos esenciales, el cual puede apreciarse en la Tabla 6. Estos datos permiten apreciar que el chachafruto presenta una calidad proteica superior al frijol y la arveja²⁰.

Tabla 6.

Índice de aminoácidos

Producto	IAE
Chachafruto	90,00
Frijol	64,00
Arveja	59,00

Fuente: Pérez²⁰.

Usos del Chachafruto (*Erythrina edulis*)

Según Barrera y Mejía¹⁵, se describen distintos usos del chachafruto (*Erythrina edulis*), entre los que se pueden mencionar los siguientes:

Alimentación Humana

El grano, por su sabor, color, textura y manejo, lo hacen comparable al maíz y la papa y pueden ser sustituidos casi por completo o complementarlos. Los granos son cocidos y luego molidos, pueden usarse como el maíz o combinados con este u otras harinas para elaborar tortas, purés, coladas (papillas) y variados platos con sal y dulce¹⁵.

Agroindustria

El grano sin tegumento se usa para comer cocido con sal, en conserva, encurtidos o fritas. La harina obtenida de los cotiledones, cortados en hojas delgadas y secadas a altas temperaturas y tratadas con antioxidantes (por ejemplo, ácido cítrico), puede ser usada en la agroindustria para elaborar panes, tortas, fuentes de sólidos para yogur y aglutinante para helados¹⁵.

Alimentación Animal

Es necesario el calentamiento o cocción de los granos y frutos completos para el consumo del hombre y de los monogástricos para desnaturalizar las lectinas que son glucoproteínas hemaglutinantes. Ensayos realizados con vacas suplementadas con 8 kilogramos diarios de forrajes de *Erythrina edulis* aumentaron la producción de leche en comparación con testigos no suplementados con esta especie¹⁵.

Además, las hojas de chachafruto tienen entre 20 y 25 % de proteína con un 59 % de digestibilidad, contienen valores elevados de caroteno y minerales está comprobado que son un excelente forraje para conejos, cabras, caballos, vacas y cerdos. Para alimentar a los cerdos, pollos, peces y conejos con los frutos completos y granos, se deben cocinar previamente, con el objeto de eliminar los factores antinutricionales y hacerlo totalmente digerible²⁰.

www.bdigital.ula.ve

Otros Usos

Se emplea en recuperación de cuencas hidrográficas, porque además de ser fuente de alimento, su producción es sencilla y su desarrollo rápido, fija nitrógeno y compite fácilmente con malezas y con otros árboles, se utilizan también como cerca viva¹⁵.

Determinación del Análisis Proximal de Productos Alimenticios

Los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales Weende, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación²¹.

Humedad

La humedad es importante para conocer la proporción en que se encuentran los nutrientes, es un indicador de la estabilidad de los alimentos y es útil para determinar las condiciones de almacenamiento²². Los niveles superiores al 8 % favorecen la presencia de insectos y mayores del 14 % existen el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. El método se basa en el secado de la muestra en estufa y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo²¹.

Cenizas

Las cenizas se consiguen al someter el alimento a un proceso de incineración, mediante el cual se destruye la materia orgánica que está constituido por óxidos o sales (carbonatos, fosfatos, sulfatos, etc.), de los diferentes elementos químicos²³.

Proteína Cruda

La determinación de proteína permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando. Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total de la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador²¹.

Grasa Cruda

El contenido de grasa, también llamado extracto etéreo o grasa cruda, se puede considerar como compuesto de lípidos libres, es decir, aquellos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares como éter sulfúrico, éter etílico, éter de petróleo o hexano. Para el análisis de muestras vegetales se

debe hacer referencia al extracto etéreo y no al de grasa, al designar la porción extraída. Esto se debe a que además de grasa, el éter extrae pigmentos vegetales, ceras, etc²².

Propiedades Tecnofuncionales de los Alimentos

Las propiedades funcionales, son aquellas que proporcionan información del comportamiento físico-químico de las proteínas en un sistema alimenticio. Dichas propiedades denotan características fisicoquímicas que afectan el comportamiento de las proteínas en la preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo de los alimentos⁸. También las propiedades funcionales se establecen por la composición y estructura molecular de los componentes individuales, como carbohidratos y proteínas, y de las interacciones que se establecen entre ellos⁹.

Las propiedades funcionales pueden abarcar tres ámbitos importantes, en relación con el uso y consumo de los alimentos^{24, 25}, estos son:

- Propiedades organolépticas o sensoriales, son las que hacen referencia a la capacidad de hacer apetecible o atractivo un alimento, en virtud de las cualidades que son percibidas por los órganos de los sentidos: color, sabor, olor, textura, jugosidad, apariencia, entre otros.
- Propiedades tecnológicas, son las que facilitan los procesos vinculados a la tecnología de fabricación industrial orientados a proporcionar aquellas condiciones que resultan más aptas para su consumo.
- Propiedades saludables, son las que contribuyen para que el consumo del alimento no resulte perjudicial desde un punto de vista higiénico-sanitario.

Las propiedades de hidratación, emulsificación, formación de espuma, gelificación, viscosidad, absorción de agua y aceite, solubilidad,

dispersabilidad, sabor, formación de películas, entre otras, son las propiedades funcionales que definen la aplicabilidad de un ingrediente.

Capacidad de Absorción de Agua (CAA)

Es la cantidad de agua que permanece unida al material hidratado tras la aplicación de una fuerza externa. Esta propiedad es de suma importancia en el caso de leguminosas, está relacionada con el tratamiento de cocción y también favorece la textura suave de productos elaborados con harinas de mezclas cereal-leguminosa. Las proteínas tienen un papel relevante a la hora de mantener la humedad de los alimentos, así como en productos de panadería. La propiedad de absorción de agua es deseable en alimentos como natillas y masa de repostería, por su capacidad de embeber agua sin disolver las proteínas⁹.

Capacidad de Retención de Aceite (CRAc)

Esta propiedad indica la capacidad que tiene la matriz del alimento para retener físicamente aceite por atracción capilar. La CRAc es una importante propiedad funcional para la elaboración de alimentos fritos y de productos de repostería, donas, panqueques, bollería, así como productos cárnicos y sopas^{9, 26}.

Capacidad de Gelificación (CG)

Representa la mínima concentración de harina a la cual alcanza la máxima gelificación (MCG). La capacidad de gelificación de las leguminosas parece ser función de la naturaleza y tipo de almidón y proteína que constituyen el alimento. Asimismo, la concentración mínima requerida para la formación de un gel en harinas está influenciada por una competición física por el agua entre la gelificación de la proteína y la gelatinización del almidón.

Esta capacidad es apropiada en la elaboración de alimentos viscosos tales como sopas, productos de repostería, pudín, mermeladas y salsas que requieran cuerpo y una textura tipo gel. La capacidad de gelificación se determina como la mínima concentración de harina a la cual se forma un gel que no se desliza por las paredes al invertir los tubos⁹.

Capacidad Emulsionante (CEm)

Esta propiedad mide la capacidad de las proteínas para formar una dispersión de una fase oleosa en un medio acuoso. Además de las proteínas, también se atribuye la capacidad de formar emulsiones a otros componentes de naturaleza no proteica como los carbohidratos y fracciones de fibra alimentaria. Por lo tanto, las harinas procedentes de leguminosas con una buena capacidad de formar emulsiones podrán ser utilizadas en la fabricación de alimentos tales como mayonesa, salchichas y aderezos⁹.

www.bdigital.ula.ve

Capacidad Espumante (CES) y Estabilidad de la Espuma (ESE)

La propiedad espumante hace referencia a la capacidad que tienen las proteínas de formar capas estables rodeando las gotitas de gas en una fase líquida. Las proteínas con una buena capacidad de formar espumas deberían ser solubles en la fase acuosa, difundir y concentrarse en la fase aire-agua, extenderse parcialmente para formar capas cohesivas alrededor de las burbujas de gas y poseer una viscosidad y fuerza mecánica suficiente para prevenir la ruptura de las gotas. La capacidad de formar espumas en las harinas de leguminosas es una característica deseable para la producción de algunos alimentos tradicionales, tales como los productos de repostería⁹.

Definición Operacional de Términos

Proteínas

Constituyen las moléculas de información genética de los seres vivos, junto con los ácidos nucleídos. Abarcan todo tipo de funciones: estructura, transporte, motilidad, defensa, reconocimiento, almacenamiento y la función catalítica que llevan a cabo las enzimas. Poseen propiedades nutricionales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quien las consuma; pueden ser ingredientes de productos alimenticios, y por sus propiedades funcionales, ayudan a establecer la estructura y propiedades finales del alimento²⁷.

Aminoácidos

Son las unidades más simples de la estructura química común de las proteínas. En el código genético están codificados los veinte distintos α -aminoácido, que constituyen los péptidos, formando cadenas polipeptídicas, alcanzando altos pesos moleculares, denominados proteínas²⁷.

Hidratos de Carbono

Son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, también llamados carbohidratos. La glucosa representa la materia prima fundamental para la fabricación de casi todos los hidratos de carbono, da origen a muchos otros azúcares, como la sacarosa y la fructosa. Además, en la naturaleza se encuentran en forma de polisacárido como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto (fibra dietaria). Finalmente, su estructura química determina su funcionalidad y características, principalmente el sabor, la viscosidad, la estructura y el color²⁸.

Fibra

Corresponde al grupo de polisacáridos considerados estructurales, los cuales no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al hombre. Además, tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y, por lo tanto, de aumentar el volumen de la materia fecal provocando un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y, consecuentemente, la defecación²⁸.

Lípidos

Son aquellas moléculas derivadas de los ácidos grasos. Son grupos compuestos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contienen fósforo y nitrógeno. Son parte estructural de las membranas celulares y de los sistemas de transporte, otros son ácidos grasos indispensables, vitaminas y hormonas. También actúan como aislante natural en los hombres y en los animales manteniendo estable la temperatura del organismo por medio del tejido adiposo. Contribuyen a la textura y, a las propiedades sensoriales (color y sabor) y nutrición (fuente de energía y vehículos de vitaminas liposolubles)²⁹.

Minerales

Son diversos elementos químicos que se identifican en los alimentos, algunos de ellos son nutrientes indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano y su carencia puede provocar serios problemas de salud. Pueden actuar, principalmente, en la formación de tejidos rígidos del cuerpo (Ca, P, F, Mg, entre otros), como cofactor de enzimas (Mn, Zn, Cu,

Mo, Na, entre otros), como integrantes de vitaminas, hormonas, mioglobina y hemoglobina (Co, I, Fe entre otros)³⁰.

Vitaminas

Son nutrientes que facilitan el metabolismo de otros nutrientes y mantienen diversos procesos fisiológicos vitales para todas las células activas. Su carencia hace referencia a enfermedades como el escorbuto, el raquitismo y la ceguera nocturna³⁰.

Definición Operacional de Variables

La operacionalización de la variable, proporciona la información necesaria para los procesos de validación, codificación y procesamiento posterior de los datos obtenidos³¹, a continuación, se presenta la Tabla 7.

Tabla 7. Operacionalización del objeto de estudio.

Variable	Definición conceptual ¿que es?	Definición operacional ¿Cómo se mide?	Dimensiones	Indicador
Valoración nutricional	Conjunto de cualidades nutritivas de los alimentos, se basa en conocer los componentes de un producto reflejado en los niveles de grasas, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales	Métodos analíticos a través del análisis proximal	• Humedad • Cenizas • Grasa cruda • Proteína cruda • Carbohidratos	• Método termogravimétrico • Gravimetría del residuo • Método de extracción sólido líquido • Método de Kjeldahl • Diferencia (Extracto libre de nitrógeno)
Propiedades funcionales	Las propiedades funcionales, son aquellas que proporcionan información del comportamiento fisicoquímico de las proteínas en un sistema alimenticio.	Propiedades de Hidratación y Superficie	• Capacidad de retención de agua y de hinchamiento • Capacidad de aceite • Capacidad espumante • Capacidad emulsificante • Capacidad de gelificación	• Volumen del sobrenadante • Capa emulsificante • Capa de espuma • Gelificación de la muestra

Fuente: Moret, Vivas, Hernández (2022).

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Comparar el valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto cultivado en El Valle, estado Mérida.

Objetivos Específicos

- Determinar la composición proximal del chachafruto (*Erythrina edulis*) en el estadio tierno y adulto, separadas en sus fracciones de grano y fruto completo.
- Evaluar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de chachafruto (*Erythrina edulis*) bajo estudio.
- Contrastar los parámetros determinados en chachafruto tierno y adulto en sus fracciones de grano y fruto completo.
- Identificar las potencialidades nutricionales observadas en las muestras analizadas.

MATERIALES Y METODOS

Tipo de Investigación

Según Hurtado³¹, los tipos de investigación están relacionados con el logro esperado durante el proceso de investigación. Específicamente pueden ser exploratoria, descriptiva, analítica, comparativa, explicativa, predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa. La investigación comparativa tiene como fin el estudio de las semejanzas y diferencias de un fenómeno, utilizando un criterio de clasificación. En tal sentido, esta investigación es de tipo comparativa, ya que se estudiarán las diferencias y semejanzas del valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto cultivado en El Valle, estado Mérida.

Diseño de la investigación

El diseño de investigación se refiere a las diferentes estrategias que utilizará el investigador para responder a la pregunta de investigación³². Adicionalmente, Hurtado³¹, refirió que el diseño tiene relación con el dónde y cuándo se recopila la información necesaria y la amplitud de la misma con el fin de responder la interrogante planteada en el enunciado holopráxico. Esta investigación presentó un diseño de campo, debido a que el chachafruto se compró en su estado fresco en el vivero de Holanda, ubicado en el sector San Javier de El Valle, estado Mérida (municipio Libertador). Adicionalmente la investigación fue de laboratorio, ya que las muestras del grano y fruto completo (vaina y grano) se procesaron en el laboratorio del Departamento de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, con el fin de obtener las harinas de chachafruto. Respecto al cuándo, el diseño fue contemporáneo y transeccional, ya que la

información se recolectó en el presente y una sola vez en cada unidad de investigación. En cuanto a la amplitud de la información, el diseño fue bivariable, ya que el evento de estudio estuvo constituido por dos objetos y dos sujetos de estudio.

Población y Muestra

Unidad de Investigación

La unidad de esta investigación de este estudio, está representada por la leguminosa *Erythrina edulis* procedente de El Valle, estado Mérida, durante el periodo junio 2022 a junio 2023. En este trabajo se realizó la comparación de las partes comestibles del fruto completo (vaina y grano) y el grano en sus estadios de desarrollo tierno y adulto.

Selección del Tamaño Muestral

El tamaño de la muestra estuvo conformado por 1,6 kilogramos de chachafruto tierno y 1,7 kilogramos de chachafruto adulto. Las muestras se recolectaron en estado fresco y completo (vaina y grano).

Sistema de Variables

Las variables de una investigación, son características presentes en la unidad de investigación y se pueden medir³³. Las variables de esta investigación están representadas por la valoración nutricional y las propiedades tecnofuncionales.

Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos de esta investigación están representados mediante el uso de tablas, esquemas, fotos, en las que se registraron los resultados de la valoración nutricional y propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto. También se cuenta con imágenes correspondientes al desarrollo de las metodologías analíticas.

Procedimientos de la Investigación

Recolección de la Muestra

El fruto completo (vaina y grano) de la materia vegetal de *Erythrina edulis* se recolectó en una unidad de producción, ubicada en San Javier de El Valle, estado Mérida. El criterio utilizado para clasificar las legumbres en su estadio tierno y adulto, fue principalmente por el tamaño de estas. Se trasladó el mismo día de su cosecha al Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, estado Mérida, para su análisis.

Preparación de la Harina de *Erythrina edulis*

Harina de Fruto Completo (HFC)

Para la obtención de la harina del fruto completo se seleccionó el chachafruto con mejor apariencia: vaina firme, de color verde claro, sin golpes ni perforaciones. Se pesó en balanza digital, se lavaron con abundante agua potable y se dejaron en remojo con agua destilada por algunos minutos. Posteriormente se cocinaron en agua hirviendo durante 30

minutos, se enfriaron a temperatura ambiente y se cortaron en rebanadas finas para secar en estufa digital de convección forzada (Horno Felisa®) a 45 °C durante 8 horas. Luego de estar deshidratados, se realizó la molienda del material (licuadora, marca Oster) y se tamizó en tamiz Endecotts de 40mesh (425 micras). Finalmente, se obtuvo la harina del fruto completo (conformada por la vaina y el grano), este procedimiento se realizó en sus dos estadios como fruto tierno y adulto. Las harinas obtenidas se almacenaron en frascos de vidrios con tapas herméticas a temperatura ambiente para su posterior análisis.

Harina del grano (HG)

Para la obtención de esta harina se utilizaron únicamente los granos seleccionados, considerando el aspecto fresco e íntegro, sin daños ni perforaciones. Se pesaron en balanza digital, se lavaron con abundante agua potable y se dejaron en remojo con agua destilada por algunos minutos. Se eliminó el tegumento y se introdujeron en agua hirviendo durante 30 minutos. Posteriormente se enfriaron a temperatura ambiente y se rebanaron finamente para secar en la estufa digital de convección forzada (Horno Felisa®) a 45 °C durante 8 horas. Posteriormente, se realizó el proceso de molienda del material (licuadora, marca Oster) y se tamizó en tamiz Endecotts 40mesh (425 micras). Este procedimiento se llevó a cabo para los granos en estado tierno y adulto. Las harinas obtenidas se almacenaron en frascos de vidrios con tapas herméticas a temperatura ambiente para su posterior análisis.

Análisis Proximal de *Erythrina edulis*

La composición química de *Erythrina edulis* se determinó a partir de los siguientes análisis: humedad, cenizas, grasa cruda y proteína cruda. El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

Análisis del Porcentaje de Humedad de *Erythrina edulis*

El análisis de humedad se realizó basado en la pérdida de peso experimentada por la muestra al ser secada en una estufa a 100 °C hasta alcanzar peso constante, según el método (AOAC) 925.10³⁴.

Materiales

- Cápsula de porcelana.
- Balanza analítica.
- Estufa de secado por convección.
- Desecador.
- Pinza

Procedimiento:

1. Se identificó y se pesó la cápsula de porcelana, luego se pesaron 3 gramos de muestra en balanza analítica.
2. Se colocó en estufa a 100 °C ± 5 °C durante 6 horas.
3. Se dejó enfriar la muestra en un desecador.
4. Se pesó la cápsula con muestra.
5. Se introdujo nuevamente en estufa a 100 °C durante 1 hora.

6. Se enfrió la muestra en desecador y se pesó, repitiendo el paso 5 hasta que se alcanzó un peso constante. Este procedimiento se realizó por triplicado.

Cálculos

A= Peso de la muestra húmeda (peso de cápsula + muestra antes de secar).

B= Peso de la muestra seca (peso de cápsula + peso de muestra después de secar).

$$\%H = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Análisis del Porcentaje de Cenizas de *Erythrina edulis*

El porcentaje de cenizas es el residuo luego de eliminar la humedad y la materia orgánica (carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, etc.) de la muestra mediante la carbonización (mechero o plancha de calentamiento) e incineración (mufla a 550 °C), según se indica en el método (AOAC) 923.03. El residuo obtenido representa la fracción mineral del alimento³⁴.

Materiales

- Crisoles de porcelana.
- Balanza analítica.
- Plancha de calentamiento.
- Mufla.
- Desecador.
- Pinzas

Procedimiento

1. Se identificaron y pesaron los crisoles de porcelana. Posteriormente se pesaron 3 gramos de muestra, utilizando una balanza analítica.
2. Los crisoles se sometieron a calentamiento en plancha a fin de carbonizar la muestra.
3. Se llevaron a incineración en mufla a 550 °C durante 24 horas.
4. Finalmente se dejó enfriar la muestra en desecador y se pesó para realizar los cálculos.

Cálculos

G= Peso de la muestra en gramos

G1= Peso del crisol vacío en gramos

G2= Peso del crisol con las cenizas en gramos

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(G2 - G1) \times 100}{G}$$

Análisis del Porcentaje de Proteína Cruda de *Erythrina edulis*

Se determinó el contenido de proteína cruda a través del método de Micro Kjeldahl, el cual se basa en la hidrólisis ácida de la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de sodio en presencia de un catalizador (sulfato cúprico). El nitrógeno se reduce en la sal sulfato de amonio, de la cual se libera con hidróxido de sodio en la forma de amoníaco y se destila. El destilado se valora con una solución patrón de ácido clorhídrico método (AOAC) 960.52. En este método se estima el contenido de nitrógeno total, asumiendo que todo el nitrógeno del alimento está presente como proteína³⁴.

Materiales

- Balanza analítica.
- Balones de digestión de micro Kjeldahl.
- Perlas de ebullición.
- Bloque de calentamiento.
- Destilador de proteínas.
- Erlenmeyer 125 mL.

Procedimiento

1. Se pesó 0,1 gramos de muestra en la balanza analítica, y se introdujo al balón de digestión.
2. Luego se incorporó al balón de digestión micro Kjeldahl 0,1 gramos de sulfato cúprico pentahidratado, 1 gramos de sulfato de sodio, 2 mL de ácido sulfúrico concentrado y perlas de ebullición.
3. Se calentó la muestra en el digestor hasta que el digerido adquirió un color claro, límpido y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
4. La etapa de destilación inició colocando un Erlenmeyer 125 mL, se colocó a la salida del destilador con 5 mL ácido bórico al 4% y 3 gotas del indicador de Toshio y se revisó que la punta del refrigerante quedara sumergida en el líquido para evitar que el NH_3 se pierda por evaporación.
5. Se introdujo la muestra digerida y disuelta con agua destilada, se adicionaron 8 mL de solución $\text{NaOH-Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
6. Posteriormente se encendió el generador de vapor y se destiló hasta recolectar 50 mL, obteniéndose un destilado de color verde esmeralda.
7. Finalmente, la titulación se realizó directamente con una solución de ácido clorhídrico 0,02 N.

Cálculos

$$\%N = \frac{V \times N \times E}{10 \times g}$$

$$\% \text{ Proteínas} = \%N \times F$$

Dónde:

V = Volumen de HCl gastado en la titulación

N = Normalidad del HCl

E = Peso equivalente del nitrógeno (14)

g = Gramos de muestra

F = Factor de conversión de nitrógeno a proteína (6,25)

Análisis del Porcentaje de Grasa Cruda de *Erythrina edulis*

La determinación de grasa cruda se realizó por medio del método de Soxhlet método (AOAC) 920.39. Este se basa en la extracción de grasa de una muestra seca con un solvente orgánico como el éter de petróleo³⁴.

Materiales

- Matraces de extracción de grasa.
- Balanza analítica.
- Dedal de celulosa y algodón.
- Bloque de calentamiento.
- Equipo de extracción de grasa (Velp® Scientifica, modelo SER 148-Solvent Extractor).
- Desecador.
- Estufa.

Procedimiento

1. Los matraces de extracción, se manipularon con pinzas, se secaron en estufa y luego se enfriaron en un desecador y se pesaron en una balanza analítica.
2. Se pesaron los dedales de celulosa y 3 g de muestra. Se tapó cada dedal con algodón, luego se colocaron en la unidad de extracción con 100 mL de éter de petróleo, adaptándolo al tubo refrigerante.
3. Seguidamente, se calentó y se mantuvo en ebullición durante 3,5 horas aproximadamente. Luego se destiló el éter de petróleo.
4. Se colocaron los matraces en el desecador durante 5 minutos y luego en estufa durante 1 hora a 100 °C con la finalidad de evaporar el solvente, y nuevamente se dejó enfriar en el desecador para finalmente pesar los matraces en la balanza analítica.

Cálculos

$$\% \text{ Grasa Cruda} = \frac{M2 - M1}{M} \times 100$$

Dónde:

M1= Peso del matraz de extracción vacío, en gramos

M2= Peso del matraz de extracción con la grasa obtenida, en gramos

M= Peso de la muestra, en gramos

Determinación de las Propiedades Tecnofuncionales

Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (CAA) de las Harinas de *Erythrina edulis*

La capacidad de absorción de agua (CAA) representa la cantidad de agua que permanece unida al material hidratado tras la aplicación de una fuerza externa⁹. Para su determinación se pesó 1 g de muestra y se le añadieron 10 mL de agua destilada, manteniéndose en agitación durante 1 hora. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4500 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante se separó en un cilindro graduado para medir el volumen y realizar los cálculos³⁵.

Cálculos

$$CAA \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{Vi - Vs}{Pm}$$

Dónde:

Vi = Volumen inicial (mL)

Vs = Volumen del sobrenadante (mL)

Pm = Peso de la muestra (g)

Determinación de la Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) de las Harinas de *Erythrina edulis*

Esta propiedad indica la capacidad que tiene la matriz del alimento para retener físicamente aceite por atracción capilar²⁷. El procedimiento consistió en pesar 0,5 g de muestra de cada harina, se le añadieron 5 mL de aceite de soya en un tubo de ensayo, y se mantuvieron en agitación durante 30

minutos. Posteriormente, se centrifugó a 4750 rpm durante 30 minutos. Después de centrifugar, se midió el volumen del sobrenadante. La diferencia entre el volumen inicial de aceite y el volumen recuperado correspondió a la $CRAc^{26}$.

Cálculos

$$CRAc \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{Vi - Vs}{Pm}$$

Dónde:

Vi = Volumen inicial (mL)

Vs = Volumen del sobrenadante (mL)

Pm = Peso de la muestra (g)

Determinación de la Capacidad Emulsionante (CEm) de las Harinas de *Erythrina edulis*

Esta propiedad mide la capacidad de las proteínas para formar una dispersión de una fase oleosa en un medio acuoso⁹. El procedimiento consistió en pesar 0,28 g de cada harina y se le añadieron 7 mL de agua destilada, agitando en vórtex durante 10 s. A continuación, se agregaron 7 mL de aceite de soya y nuevamente se volvió a agitar durante 10 s. La muestra se centrifugó durante 1 h a 4500 rpm. Para realizar la determinación de la capacidad emulsionante se midió la capa emulsificada respecto al volumen total³⁶.

Cálculos

$$CEm (\%) = \frac{Vce}{Vt} \times 100$$

Dónde:

Vce = Volumen de la capa emulsionada (mL)

Vt = Volumen total (mL)

Determinación de la Capacidad Espumante (CES) y la Estabilidad de la Espuma (ESE) de las Harinas de *Erythrina edulis*

La propiedad espumante hace referencia a la capacidad que tienen las proteínas de formar capas estables rodeando las gotitas de gas en una fase líquida. Para determinar esta propiedad se pesaron 0,5 g de muestra de harina y se añadieron 25 mL de agua destilada, luego se llevó a un homogenizador mecánico (Ika Werke®) durante 5 minutos y se transfirió la mezcla a una probeta graduada donde se midió la cantidad de espuma inicial, después de 30 s, 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos³⁷.

Cálculo de la Capacidad Espumante (CES)

$$CES(\%) = \left(\frac{VE30''}{VE0} \right) \times 100$$

Dónde:

VE30''= (Vt – VL30''): Volumen de espuma medido tras 30 s de reposo después de haber sido agitada la muestra.

Vt: [Volumen Total (con espuma)] menos VL30'' (volumen del líquido después de 30 s de reposo).

VE0= (Vt – VL0): Volumen de espuma medido después de la agitación.

Vt: [Volumen total con espuma después de agitar] menos VL0 (volumen del líquido medido a tiempo cero, después de agitar).

Cálculo de la Estabilidad de la Espuma (ESE):

$$ESE (\%) = \left(\frac{VEtx''}{VE0} \right) \times 100$$

Dónde:

VEtx''= (Vt – VLtx''): Volumen de espuma después del tiempo X (5, 10, 15, 30, 60 y 120), donde Vt es el [Volumen total (con espuma) después de X minutos] menos VLtx'' (volumen del líquido después de X minutos).

VE0 = (Vt – VL0): Volumen de espuma medido después de la agitación, donde Vt es el [Volumen total (con espuma) después de agitar] menos VL0 (volumen del líquido medido a tiempo cero, después de agitar).

Determinación de la Capacidad de Gelificación (CG) de las Harinas de *Erythrina edulis*

La capacidad de gelificación representa la mínima concentración de harina a la cual alcanza la máxima gelificación (MCG)⁹. Para su determinación se prepararon suspensiones de las muestras de harinas de leguminosa al 4, 8, 12, 14, 16, 18 y 20 % (p/v), en agua destilada y se introdujeron en un baño de agua a 100 °C durante 1 h. Posteriormente se sumergieron en un baño de hielo durante 1 h. La CG se determinó como la mínima concentración de gelificación a la que la muestra no se desliza por las paredes al invertir los tubos³⁷.

Diseño de Análisis

El análisis de los datos se realizará a través de un enfoque cuantitativo. Al respecto Palella y Martins³², mencionaron que el enfoque cuantitativo se refiere a la expresión numérica de los datos y el análisis realizado a través de operaciones matemáticas. En tal sentido, en esta investigación los datos se expresan en porcentajes o valores correspondientes a las fórmulas establecidas. Se realizó un análisis estadístico descriptivo. Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas se aplicó la prueba estadística *t*-student (Microsoft Excel) fijando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; entre los valores obtenidos de la harina de fruto completo para fruto tierno (HFCT) y adulto (HFCA), así como para la harina de grano tierno (HGT) y grano adulto (HGA).

Variables Estadísticas

Las variables estadísticas de esta investigación serán clasificadas desde su naturaleza y escala de medida. El fin es identificar el indicador estadístico pertinente en la Tabla 8. Entre otros aspectos, estos indicadores permitirán la interpretación de los resultados, contribuyendo con la respuesta del enunciado holopráxico.

Tabla 8.

Variables Estadísticas según la naturaleza, escala de medida o indicadores

Variable	Tipo de variable			Escala de medida				Indicador Estadístico
	Cualitativa	Cuantitativa		Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón	
		Discreta	Continua					
Análisis proximal	NO		SI	NO	NO	NO	SI	% humedad % cenizas % grasas % proteínas % carbohidratos
Propiedades tecno-funcionales	NO		SI	NO	NO	NO	SI	Volumen del sobrenadante Capa emulsificante Capa de espuma Gelificacion

estadísticos

Fuente: Moret, Vivas, Hernández (2022).

www.bdigital.ula.ve

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados

En el presente estudio se analizaron 4 muestras de Chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto, procedente de una unidad de producción agrícola ubicada en San Javier de El Valle, en la ciudad de Mérida (Municipio Libertador). El procesamiento y análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio del Departamento de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, de la Universidad de Los Andes. Los datos recolectados sobre los análisis de la materia prima de *Erythrina edulis* fueron sistematizados en tablas.

En este trabajo de investigación se midieron las dimensiones de los granos del chachafruto en sus dos estadios de madurez como fruto tierno y adulto. Los granos son representados como un fruto gigante de configuración cóncava y convexa formada por dos cotiledones de color blanco verdoso, unidos por una parte plana, el tamaño oscila entre 3 y 7 cm de largo por 2 o 3 cm de diámetro³⁸.

En la Tabla 9, se presentan las dimensiones largo y ancho (cm) de los granos, obteniendo una comparación de las medidas en los estadios tierno y adulto. Este análisis muestra el valor promedio y la desviación estándar correspondiente a 10 mediciones para cada ítem.

Tabla 9.

Dimensiones de los granos en sus etapas de desarrollo

Largo (cm)		Ancho (cm)	
GT	GA	GT	GA
3,1 ± 0,24	4,9 ± 0,49	1,5 ± 0,10	2,6 ± 0,16
GT: grano tierno. GA: grano adulto. Media ± desviación estándar de diez mediciones.			

Análisis proximal de las harinas de *Erythrina edulis*

Los resultados del análisis proximal realizado a las harinas de grano tierno y adulto (HGT; HGA) y a las harinas del fruto completo tierno y adulto (HFCT; HFCA) de *Erythrina edulis*, son mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10.

Análisis proximal de las harinas de fruto completo y grano en estadios tierno y adulto de *Erythrina edulis*.

Nutriente	Grano		Fruto completo	
	HGT (%)	HGA (%)	HFCT (%)	HFCA (%)
Humedad	0,53 ± 0,07 ^a	0,45 ± 0,02 ^b	0,49 ± 0,01 ^a	0,35 ± 0,01 ^b
Carbohidratos*+	54,44 ± 0,07 ^b	76,03 ± 0,07 ^a	64,18 ± 0,07 ^b	73,81 ± 0,07 ^a
Proteínas*	38,46 ± 0,06 ^a	19,64 ± 0,13 ^b	29,68 ± 0,24 ^a	20,20 ± 0,06 ^b
Grasas*	2,61 ± 0,08 ^a	0,81 ± 0,01 ^b	0,88 ± 0,05 ^b	1,52 ± 0,01 ^a
Cenizas*	4,49 ± 0,08 ^a	3,51 ± 0,07 ^b	5,26 ± 0,05 ^a	4,47 ± 0,05 ^b

HGT: harina de grano tierno; **HGA:** harina de grano adulto; **HFCT:** harina de fruto completo tierno; **HFCA:** harina de fruto completo adulto. * Resultados expresados en base seca. Media ± desviación estándar de dos mediciones. + Calculados por diferencia. Letras diferentes en la misma fila (grano; fruto completo) indican diferencia significativa (p<0,05).

El análisis del porcentaje de humedad de todas las muestras indicó diferencias significativas (p<0,05) entre ellas. A partir del valor de humedad se realizaron los cálculos en base seca de los nutrientes. En general, las muestras de grano y fruto completo en ambos estadios de desarrollo mostraron diferencias estadísticamente significativas en todos los nutrientes evaluados.

El contenido de carbohidratos fue significativamente mayor en el grano adulto y en el fruto completo adulto, en comparación al grano y fruto completo tierno. Con relación al contenido de proteínas, las muestras correspondientes al estado tierno, tanto del grano como del fruto completo, presentaron mayor contenido ($p < 0,05$) a las muestras en estado adulto.

El porcentaje de grasas de las muestras de HGT estuvo representado por un promedio de 2,61 % siendo estadísticamente superior al contenido de grasa cruda para la HGA con un promedio de 0,81 %. Por otra parte, en las muestras de fruto completo fue estadísticamente mayor el contenido de grasa en la muestra HFCA con 1,52 % en contraste con la muestra de HFCT que presentó 0,88 %.

La fracción mineral o porcentaje de cenizas de la HGT fue de 4,49 % resultando superior estadísticamente a la HGA con un promedio de 3,51 %, siendo similar al caso del fruto completo en el que HFCT presentó un contenido de cenizas de 5,26 % mientras que la HFCA estuvo representada por 4,47 %, resultando significativamente diferentes ($p < 0,05$) en ambos casos.

Propiedades Tecnofuncionales de las harinas de *Erythrina edulis*.

El análisis de las propiedades tecnofuncionales evaluadas en esta investigación se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11.

Propiedades tecnofuncionales de las harinas de fruto completo y grano en estadios tierno y adulto de *Erythrina edulis*.

Propiedades tecnofuncionales	Grano		Fruto completo	
	HGT	HGA	HFCT	HFCA
CAA (mL/g)	4,00 ± 0,05 ^b	4,35 ± 0,07 ^a	8,96 ± 0,13 ^a	4,75 ± 0,07 ^b
CRAc (mL/g)	0,90 ± 0,14 ^b	2,20 ± 0,28 ^a	1,10 ± 0,14 ^a	1,00 ± 0,28 ^a
CEm (%)	0,00 ± 0,00 ^b	36,43 ± 1,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	5,36 ± 2,53 ^a

HGT: harina de grano tierno; **HGA:** harina de grano adulto; **HFCT:** harina de fruto completo tierno; **HFCA:** harina de fruto completo adulto. **CAA:** Capacidad de Absorción de Agua. **CRAc:** Capacidad de Retención de Aceite. **CEm:** Capacidad Emulsionante. Resultados expresados como media ± desviación estándar de 2 mediciones. Letras diferentes en la misma fila (Grano; fruto completo) indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Todos los resultados obtenidos demuestran que existen diferencias estadísticamente significativas de $p < 0,05$ en las propiedades tecnofuncionales de las muestras evaluadas a excepción de la capacidad de retención de aceite entre la harina de fruto completo tierno y adulto en la cual no se evidencio diferencias significativas.

La capacidad de absorción de agua de las harinas de granos, fue significativamente mayor en la HGA comparada a la HGT. Por otra parte, en las muestras de fruto completo, la HFCT fue significativamente mayor a la HFCA.

En correspondencia con los resultados obtenidos para la CRAc, se observó un valor significativamente mayor en HGA con relación a la HGT. En contraste, las harinas de fruto completo, HFCT y HFCA no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

La capacidad emulsionante (CEm) de las muestras de chachafruto adulto tanto para grano (HGA) como para fruto completo (HFCA), fue

significativamente mayor. Es importante resaltar que, en este ensayo no se evidenció una capa emulsificada en las muestras de harinas de chachafruto tierno, por lo que su capacidad emulsificante fue de 0 %.

La capacidad espumante y la estabilidad de espuma, también son propiedades tecnofuncionales de gran interés en formulación de alimentos. Aunque en este estudio estaba planteado realizar dicho análisis, al momento de llevar a cabo la metodología no se tomó todos los parámetros necesarios para realizar los cálculos y no se contaba con suficiente muestra para repetir el ensayo, por lo que no se presentan estos resultados.

La capacidad de gelificación (CG), es la mínima concentración donde la muestra no se desliza por las paredes al invertir los tubos, además es una propiedad tecnofuncional importante para elaborar alimentos viscosos. En la Tabla 12, se evidencian los resultados de esta prueba.

Tabla 12.

Capacidad de gelificación formada por las harinas de fruto completo y harinas del grano de *Erythrina edulis* tierno y adulto.

Concentración de harina en solución (%p/v)	Grano		Fruto completo	
	HGT	HGA	HFCT	HFCA
4%	++	-	++	-
8%	++	+	++	+
12%	++	++	++	++
14%	++	++	++	++
16%	++	++	++	++
18%	++	++	++	++
20%	++	++	++	++

HGT: harina de grano tierno. **HGA:** harina de grano adulto. **HFCT:** harina fruto completo tierno. **HFCA:** harina fruto completo adulto. **(-):** No presento formación de gel. **(+):** Formación de gel débil. **(++):** Formación de gel firme.

Los resultados de esta prueba evidenciaron una mayor formación de gel en las muestras de HGT y HFCT en relación a las HGA y HFCA. Las muestras de chachafruto tierno (HGT y HFCT), mostraron la formación de un gel firme a partir de la concentración de 4 %, mientras que para las muestras correspondientes al estadio adulto (HGA Y HFCA), la formación de un gel firme se evidenció a partir de la concentración de 12 %.

Discusión

En el presente estudio se compararon las diferencias y semejanzas del valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) tierno y adulto cultivado en El Valle, perteneciente a la región andina en Mérida, Venezuela. El valor nutricional se determinó a través del análisis proximal correspondiente a los resultados expresados en parámetros de porcentaje como humedad, proteínas, grasas, cenizas y carbohidratos; además, del estudio de las propiedades tecnofuncionales que expresan las cualidades fisicoquímicas de las proteínas alimentarias que determinan el comportamiento en los alimentos durante el procesamiento, almacenamiento y consumo.

También, es importante acotar que se trabajó con dos estadios de desarrollo, representados por el fruto tierno y adulto. Todas las muestras se recolectaron de un mismo árbol, observando diferencias entre las etapas de maduración de los frutos. Esto se debe a las etapas de floración del árbol y polinización. Al respecto, Herrera Amores³⁹, en su investigación, acotó el caso de *Erythrina edulis* Triana ex Micheli, planta que tiene una floración en forma de racimo, en la cual se aprecia la formación de yemas terminales a partir de la cuarta semana de febrero, presentando el proceso de iniciación floral. En la tercera semana de marzo hasta principios de abril, se tiene observación del botón floral, posteriormente en las últimas semanas de abril se evidencia con el desarrollo de la antesis, es cuando el porotillo alcanza el

100 % de la madurez floral, en esta etapa comienza el proceso de polinización cruzada a la que colaboran chupadores, abejas, avispa y pájaros. Estudios fenológicos determinan 65 días entre la flor y la legumbre madura con un porcentaje de fructificación entre 5 y 10 %, esto es, entre 9 y 18 legumbres por racimos¹⁵. Por lo cual en un mismo racimo se puede encontrar diferentes grados de madurez. En la presente investigación, el fruto se recolectó el 1 de junio del año 2022 y aunque no fue posible determinar el tiempo de desarrollo desde la formación de la legumbre hasta la cosecha, se consideró como criterio el tamaño de la legumbre para su recolección y clasificación como tierno y adulto. Las dimensiones del grano adulto obtenidas en la Tabla 1, se encuentran dentro de los rangos mencionados por Barrera y Mejía¹⁵, quienes mostraron valores de largo del grano entre 3,5 a 7 cm y ancho de 2 a 3 cm.

En este trabajo se realizó el análisis del grano y del fruto completo (vaina y grano) en sus dos estadios de desarrollo, obteniendo así 4 muestras. Con el objetivo de evaluar su potencial nutritivo para el consumo humano, incluyendo de esta manera la vaina, la cual comprende una parte comestible de la planta, cuya función es resguardar los granos herméticamente, sin embargo, es utilizada como alimento para animales, dejando de lado su importancia nutritiva para el consumo humano.

En el estudio del análisis proximal, el contenido del porcentaje de humedad determinado en las muestras de harinas estudiadas fue diferente en comparación a otras investigaciones. En el estudio realizado por Velgarín López¹⁰, el porcentaje de humedad de la harina de grano de chachafruto fue de 8,17 %, el cual fue mayor al obtenido en este análisis. Espinoza *et al.*⁴⁰ obtuvieron 2,57 % de humedad en harina de grano de chachafruto, resultado superior al actual estudio. No obstante, Villafuerte *et al.*³ reportó 0,22 % de humedad en la harina de grano de chachafruto, siendo este valor más cercano al obtenido. Estas discrepancias en los resultados de humedad

pueden deberse a los diferentes métodos utilizados en cuanto al secado (temperatura, tiempo, tamaño del grano, etc.) aplicado por cada investigador.

Una de las propiedades intrínsecas de esta leguminosa (*Erythrina edulis*), que está relacionada con la seguridad alimentaria es el contenido de proteínas que posee. Barrera y Mejía¹⁵ obtuvieron un contenido de proteínas de 26,16 %, correspondiente a la harina de grano joven y 23,57 % en la harina de grano adulto. La tendencia de dicho estudio concuerda con el obtenido en esta investigación, ya que resultó mayor el contenido de proteínas en la harina del grano joven en comparación con la harina de grano adulto, sin embargo, los valores en la presente investigación son superiores a los reportados por las investigadoras¹⁵.

Otros estudios del chachafruto hacen referencia al contenido de proteínas del grano adulto. En este sentido, Bedoya *et al.*⁴¹ obtuvieron 18,4 %, Fuentes Quisaguano⁴² reportó un valor de 22,7 % y D'Amore¹⁸ un contenido de proteínas de 25,90 %. En resumen, se observan valores de proteínas en granos adultos en un rango de 17,13 % a 25,9 %.

Se observan pocas investigaciones que incluyan el análisis de la legumbre completa o del fruto completo. Fuentes Quisaguano⁴², analizó el grano solo, la vaina sola y la vaina completa (incluyendo al grano) y obtuvo 22,70 %; 20,29 % y 23,57 % de proteína respectivamente. Se puede observar que, al incluir la vaina, aumenta el contenido de proteína. Esta misma tendencia se observó en las muestras del estadio adulto del presente estudio, mostrando un contenido de proteínas de 19,64 % en el grano y 20,20 % en el fruto completo.

Es importante resaltar que, en el caso de la muestra del grano tierno, el contenido de proteínas obtenido es superior (38,46 %) a los consultados en la literatura a los obtenidos en este mismo estudio comparado con el grano adulto (19,64 %), y frutos completos tierno (29,68 %) y adulto (20,20 %), respectivamente. Este resultado puede tener su explicación desde el punto de vista biológico, ya que, durante la fase inicial de desarrollo de los granos,

la leguminosa presenta su mayor actividad metabólica y requiere de nutrientes adicionales para el rápido crecimiento y desarrollo de nuevas células, por lo que se acumulan más proteínas en el grano tierno para contar con suficiente reserva y llevar a cabo estos procesos⁴³. Adicionalmente se menciona⁴³ que gran parte de las proteínas presentes en los granos tiernos está formado por enzimas, que se encargan de movilizar todos los nutrientes en la etapa de crecimiento. Aunque en este estudio sólo se determinó el contenido de proteína total, sería recomendable que un estudio siguiente determine el perfil de aminoácidos de las fracciones en el estado de desarrollo tierno y adulto, con la finalidad de identificar de manera más clara, el potencial nutricional de las proteínas presentes y su valor biológico.

Por otra parte, con relación al porcentaje de cenizas, tanto para las muestras de grano como fruto completo en el estadio tierno, presentaron mayor contenido de minerales que las muestras en estado adulto. Esto puede deberse a los mecanismos biológicos de reserva de nutrientes para la continuidad en el desarrollo de la fructificación, como ocurre con el contenido de proteínas⁴³. Por otra parte, también se observa que, si se comparan el grano y el fruto completo tanto tierno como adulto, el mayor contenido de minerales lo presenta el fruto completo, indicando que la presencia de la vaina en la muestra influye en este resultado. Un estudio¹⁵ concuerda con lo obtenido en esta investigación, ya que reportaron valores de cenizas de 5,24 % en grano joven, 5 % en grano adulto y 6,56 % en la vaina, observándose que, entre los granos, el grano joven contiene más minerales y la vaina sola posee un porcentaje incluso superior al grano. En otra investigación realizada por Fuentes Quisaguano⁴², se observó un valor de 6,625 % para la harina de grano y 7,69 % para la vaina completa (incluye el grano), siendo estos porcentajes superiores al obtenido en este trabajo.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la grasa cruda, en el caso del grano resultó mayor para el estadio tierno (2,61 %) que para el grano adulto (0,81 %), y este comportamiento puede deberse a la función biológica que

cumplen los ácidos grasos en el desarrollo de las plantas, ya que forman parte estructural de las células y participan en los procesos metabólicos⁴³. No obstante, Barrera y Mejía¹⁵ reportaron resultados contrarios a este, ya que el grano joven contenía 1,55 % y el grano adulto 1,64 % de grasa respectivamente. Otra investigación mostró valores de 1,5 % y 0,7 % de grasas cruda para las harinas de dos morfotipos (rojo y amarillo) de *Erythrina edulis*¹⁸. Estas diferencias en la composición del chachafruto y sus partes pueden estar determinadas a factores externos como el clima, la humedad, calidad del suelo, temperatura, la época de cosecha y el origen geográfico.

Otros nutrientes importantes son los carbohidratos. En las leguminosas se encuentran en forma de polisacárido como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto (fibra dietaria)²⁸. Las harinas de las fracciones adultas (grano y fruto completo), fueron estadísticamente mayores a las correspondientes a la fracción tierna. Resultados similares a los obtenidos en esta investigación se encontraron en citas de varios autores. Villafuerte *et al.*³ reportó 68,76 % de carbohidratos para la harina de chachafruto proveniente del grano y Fuentes⁴², obtuvo un valor de 62,61 % para el grano y 52,62 % en la vaina completa. Este último resultado concuerda con el obtenido en este estudio, siendo mayor el contenido de carbohidratos totales en el grano en relación con la vaina, aunque los valores obtenidos en el presente estudio son menores a los reportados por el autor⁴².

Es importante resaltar que en esta investigación se incorporó el estudio de las harinas del fruto completo en sus dos etapas de desarrollo, lo que incluye una parte elemental de la planta representada por la vaina, de la cual no se cuenta con numerosas referencias o investigaciones previas, como lo es en el caso del grano o la hoja del chachafruto (*Erythrina edulis*). Además, es necesario acotar que también se trabajó con dos estadios de desarrollo del fruto de la cual es resaltante encontrar pocas referencias, una de las más presentes citada por Barrera y Mejía en el año 1998, investigación llevada a cabo en la Universidad Nacional de Colombia. Lo que se busca en la actual

investigación es realzar el potencial nutricional de esta leguminosa andina para dar a conocer sus propiedades nutritivas e incentivar el consumo del fruto completo y en sus dos estadios de desarrollo, ya que aportan valores importantes de proteínas, carbohidratos y minerales. En el mismo orden de ideas, Toapanta Moreno⁴⁴, resalta el alto valor nutritivo del grano de pajuro lo cual lo convierte en una fuente no convencional de nutrientes, principalmente por su contenido de proteínas, por lo cual el chachafruto sería una alternativa de consumo proteico dentro de la dieta del poblador merideño.

Por otra parte, en esta investigación se realizaron los análisis de las propiedades tecnofuncionales las cuales hacen énfasis en la disponibilidad del uso de ingredientes para la formulación de un alimento.

Las leguminosas en general presentan una gran capacidad de absorción de agua. Varios autores evaluaron este parámetro en harinas de grano adulto de chachafruto, obteniendo valores de 2,61 mL/g¹¹ y 3,50 mL/g⁴⁵, siendo estos valores menores al obtenido en este estudio (4,35 mL/g). De los valores obtenidos en esta investigación destacó la alta capacidad de retención de agua de la HFCT (8,96 mL/g). Esta propiedad depende en gran medida del contenido de proteínas y de fibra, por lo que esta composición química pudo influir en el resultado observado⁹.

La capacidad de retención de aceite, indica la capacidad que tiene la matriz del alimento para retener físicamente aceite por atracción capilar⁹, en esta investigación se obtuvieron valores mayores para la HGA y HFCT con un valor de 2,20 mL/g y 1,10 mL/g, mientras que para las HFCA y HGT valores de 1,00 mL/g y 0,90 mL/g. Los valores obtenidos en esta investigación se consideran importantes por estar cerca o dentro del rango al ser comparados con los resultados obtenidos por Matheus *et al.*⁴⁵, la cual estuvo representada por valores de 2,00 mL/g para la harina de fruto completo y 1,50 mL/g para la harina de grano. Además, se estudió la capacidad emulsionante, considerada como el potencial que tienen las harinas al suspenderse entre una fase oleosa en un medio acuoso,

propiedad que confiere las proteínas presentes en las harinas⁹. Los resultados de los análisis de la capacidad emulsionante de esta investigación fueron significativos para las HGA y HFCA con valores de 36,43 % y 5,36 %, siendo superior el porcentaje de HGA en comparación a los resultados obtenidos en la Universidad de Los Andes, muestras provenientes de Jají, en el estado Mérida, la cual estuvo representada por un promedio de 9,29 % para la harina de fruto completo y 9,99 % para la harina de grano⁴⁵.

Otra propiedad estudiada y de gran importancia fue la capacidad gelificante, se refiere a la mínima concentración de harina a la cual alcanza la máxima gelificación⁹. En el análisis realizado la gelificación fue mayor para las HGT y HFCT en relación a las HGA y HFCA. Este resultado pudo deberse al mayor contenido de proteínas presente en las muestras del estadio tierno, ya que las proteínas tienen un papel fundamental en la formación de un gel pudiendo también potenciar el efecto el contenido de almidón en el proceso de gelatinización. Esta capacidad es apropiada en la elaboración de alimentos viscosos tales como sopas, productos de repostería, pudín, mermeladas y salsas que requieran cuerpo y una textura tipo gel⁹.

En resumen, en esta investigación se determinaron los análisis correspondientes a la valoración nutricional del grano y fruto completo de la leguminosa *Erythrina edulis* proveniente de El Valle, estado Mérida, las cuales revelaron resultados promisorios y beneficiosos en cuanto a la alimentación en el consumo humano debido a su alto contenido de proteínas. Además, el estudio realizado de las propiedades tecnofuncionales aplicado a las harinas resultaron ser propicias como uso de un bien en la preparación de alimentos, favoreciendo su uso en la fabricación de una gran variedad de recetas y alimentos del consumo humano. Finalmente, es importante considerar la dificultad existente al comparar los resultados de diferentes estudios, debido a las distintas características edafológicas del terreno y las condiciones climáticas del lugar de cosecha y cultivo del chachafruto.

Además podrían influir los diferentes métodos utilizados en cuanto al secado (temperatura, tiempo, tamaño del grano, etc.) aplicado por cada investigador. En este sentido, es conveniente realizar otras investigaciones en las cuales se consideren diferentes variables tales como: la valoración nutricional y las propiedades tecnofuncionales del chachafruto por zonas geográficas, análisis especiales como perfil de aminoácidos y minerales, diferentes métodos de cocción y obtención de las harinas, entre otros. Además de continuar con los estudios del fruto en sus dos estadios de desarrollo y la inclusión de la vaina en el estudio de la harina del chachafruto considerada como parte importante del fruto y de alto valor proteico en el consumo humano.

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones son las respuestas al enunciado holopráxico y de las preguntas formuladas de cada objetivo específico. Al respecto, las conclusiones son:

- La composición nutricional del chachafruto (*Erythrina edulis*) en sus estadios tierno y adulto, separadas en sus fracciones de grano y fruto completo reveló a través del análisis proximal alto valor nutritivo de proteínas, carbohidratos y minerales.
- Las propiedades tecnofuncionales aplicadas a las harinas de chachafruto (*Erythrina edulis*), aportaron resultados significativos a las muestras de las harinas de grano y fruto completo tierno y adulto, en relación a la capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad emulsionante, capacidad gelificante por lo que califican como un potencial ingrediente en la preparación de diversos platos y alimentos.
- Se estudiaron las diferencias y semejanzas de los parámetros determinados para las harinas del grano y fruto completo tierno y adulto. En las muestras correspondientes al grano de ambos estadios, resaltó la harina de grano tierno (HGT) con un mayor contenido de proteínas (38,46 %), grasas (2,61 %) y cenizas (4,49 %), en comparación al grano adulto. Con respecto al fruto completo, el estadio tierno (HFCT) también presentó mayor contenido de proteínas (29,68 %) y cenizas (5,26 %) que el fruto completo adulto.
- El consumo humano del chachafruto se limita principalmente al grano adulto. Este estudio demostró que en el estadio adulto, el fruto completo (HFCA) presentó mayor contenido de proteínas (20,20 %), grasas (1,52 %) y cenizas (4,47 %), con relación al grano. Este resultado muestra la importancia de utilizar la vaina como parte comestible para aprovechar al máximo los

nutrientes de la legumbre, así como reducir las pérdidas o desperdicios de alimentos.

- Se identificaron cualidades nutricionales en las muestras de las harinas del chachafruto con valores altos de proteínas y carbohidratos propicios para una buena alimentación. Se resalta la importancia de promover el consumo de esta leguminosa cultivada en Los Andes venezolanos, poco conocida y que representa un alternativa como buena fuente de nutrientes.

www.bdigital.ula.ve

Recomendaciones

Las recomendaciones derivan de las limitaciones identificadas durante las fases operativas de la investigación. Al respecto, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Es conveniente compartir los resultados de esta investigación; anunciando el aporte nutricional del chachafruto como un buen alimento para el consumo humano, además, de ser un fruto cultivado en el estado Mérida, por lo cual este trabajo conviene que sea divulgado en una revista de publicación primaria, para que sirva de soporte en investigaciones futuras, ya que se cuenta con pocos estudios reportados en la literatura.
- Realizar más estudios del valor nutricional de la vaina del chachafruto en sus dos estadios de desarrollo para promover su consumo.
- Realizar estudios analíticos de los aminoácidos, minerales y metabolitos secundarios presentes en las fracciones del chachafruto en sus estadios de desarrollo.
- Determinar el contenido de fibra para las harinas de grano y fruto completo tierno y adulto.

REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRAFICAS

1. Inciarte I, Pérez A. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. CLIC. 2015; 9(6): 140-153. <https://convite.cenditel.gob.ve/revistaclic/index.php/revistaclic/article/view/570/529>
2. Landaeta Jiménez M, Sifontes Y, Herrera Cuenca M. Venezuela entre la inseguridad alimentaria y la malnutrición. An Venez Nutr. 2018; 31(2): 66-77 <https://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2018/2/art-4/>
3. Villafuerte F, Pérez E, Mahfoud A, Valero Y, Pérez M. Obtención de hidrolizados proteicos bajos en fenilalanina a partir de suero dulce de leche y chachafruto (*Erythrina edulis* Triana). Arch Latinoam Nutr. 2019; 69(1): 25-33 <https://doi.org/10.37527/2019.69.1.004>
4. Corio Andújar R, Arbones Fincas L. Nutrición y salud. SEMERGEN. 2009; [www.bdigital.ula.ve](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688132) 35(9):443-449. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688132>
5. Hernández Sampieri R. La idea: nace un proyecto de investigación. MC Graw- Hill: México: En metodología de la investigación; 2008.
6. Pérez Saucedo M, Amando U, Rosas U, Ramírez R, Silva C, Ulloa R. Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.) Art. Biotecnia. 2021; 23 (1) <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1306>
7. Fay Vásquez F, Fernández Héctor Z (eds). Análisis proximal en alimentos fundamentos teóricos y técnicas experimentales 1^{era} ed., Ecuador: Quevedo; 2019; 7.
8. Castel V. Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto. Tesis de postgrado. Universidad Nacional del Litoral; 2010.

9. Sarmentos T. Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España; 2012.

10. Velgarín López A. Utilización de hojuelas de harina de chachafruto para un yogurt mix. Tesis de pregrado. Escuela superior politécnica de Chimborazo Facultad de ciencias pecuarias. Riobamba- Ecuador. 2021. p.49.

11. Silva G, Algecira N, Gutiérrez L. Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto libre de gluten. Actual. nutr . 2020; 21(3): 103-110. http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_21/num_3/RSAN_21_3_103.pdf

12. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista L (eds). Metodología de la investigación 6ª ed., Mc Graw Hill: México; 2014; 40-41.

13. Velásquez H, Montoya Y, Jiménez R, Murillo A, Méndez A. Género *Erythrina*: actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico. 1ª ed. Universidad del Tolima; 2019. p.156.

14. Barrera Marín N. Origen e historia del chachafruto: *Erythrina edulis* Triana ex M. Micheli en Colombia. Agrosavia. [Internet]. Universidad Nacional de Colombia sede- Palmira. 2002. [actualizado 2003; citado 19 de julio de 2022]; Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11485>.

15. Barrera Marín N, Mejía Leudo J. Chachafruto, balú, sachaporoto; *Erythrina edulis*, Triana. Pasado, Presente y Futuro. Ecología vegetal. [Internet]. 3ª ed. Universidad Nacional de Colombia sede- Palmira. 1998 [citado 19 de julio de 2022]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/4120>

16. Mejía Leudo J, Jaramillo A.A, Barrera Marín N. Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto *Erythrina edulis* T. Acta Agron. [Internet]. 4ª ed. 43(1-4):57-68. Universidad Nacional de

Colombia sede- Palmira. 1 de enero de 1993 [citado 19 de julio de 2022]. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15536.

17. Alzate C, Quintero C, Lucas A. Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (*Erythrina edulis* triana ex micheli). 2013; 18(2):21-35

18. D' Amore C. Evaluación nutricional de harina proteica de *Erythrina edulis*. Tesis de pregrado. Universidad Central de Venezuela, Caracas; 2016.

19. Ramírez Rojas J. Transferencia de tecnología en café a través de un medio novedoso. [Internet]. San José, Costa Rica; Enero del 2015; 12. (Fecha de nuestra consulta 08 de Julio de 2022). Disponible en: <https://ramirezcaficulturadesdecostarica.com/a-12>

20. Pérez B. Chachafruto el árbol del hombre. [Internet]. La azulita, Edo Mérida. Marzo del 2011. Pg. 4-14. (Fecha de nuestra consulta 08 de julio de 2022). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/51106027/CHACHAFRUTO-EL-ARBOL-DEL-HOMBRE>

21. Olvera M, Martínez C, Real E. Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces crustáceos. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Italia: 1993. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S00.htm#TOC>. (Último acceso 18 de julio 2022)

22. Muñoz A, Vega J, Vera J. Determinación de análisis proximal de productos alimenticios. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú; 2014.

23. Quezada A. Aplicaciones potenciales del chachafruto (*Erythrina edulis*) en la alimentación animal. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba-Ecuador; 2021.

24. Bello Gutiérrez J. Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos. [Internet]. Pg. 557. España: Editorial Díaz de Santos. 2000. [actualizado 19 de julio del 2022]. Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=94BiLLKBJ6UC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

25. Sangronis E, Machado C, Cava R. Propiedades funcionales de las harinas leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Caján cajan*) germinadas. INTERCIENCIA. 2004; 29(2), 80-85. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000200007

26. Chau C, Huang Y. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *citrus sinensis* L. cv. Liucheng. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; 51: 2615-2618. DOI: 10.1021/jf025919b.

27. Gálvez A, Flores I, González A (eds). Proteínas. En Badui S. (Ed), Química de los alimentos. Ciudad de México, México: Pearson Educación. 2006. Pg 119-244.

28. Valdés S (eds). Proteínas. En Badui S. (Ed), Química de los alimentos. Ciudad de México, México: Pearson Educación. 2006. Pg 29-118.

29. Badui S (eds). Lípidos. En Badui S. (Ed), Química de los alimentos. Ciudad de México, México: Pearson Educación. 2006. Pg 254-300.

30. Badui S (eds). Vitaminas y nutrientes inorgánicos. En Badui S. (Ed), Química de los alimentos. Ciudad de México, México: Pearson Educación. 2006. Pg 363-399

31. Hurtado de Barrera J. El proyecto de investigación, comprensión holística de la metodología y la investigación. Bogotá-caracas: Editorial Quirón; 2010.

32. Palella S, Martins F. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas: Editorial Fedupel; 2010.
33. Pérez A. Marco metodológico para diseños de campo y proyecto factible. Venezuela-Caracas: Editorial Fedupel; 2009.
34. Association of official Analytical Chemists (AOAC). Edition 15^a. Washington, DC; 1990.
35. Beuchat L. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agriculture of Food Chemistry*. 1977; 25: 258-261 <https://doi.org/10.1021/jf60210a044>
36. Yasumatsu K, Sawda K, Moritaka S, Mikasa M, Tada J, Wada T, Ishi K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agriculture and Biological Chemistry*. 1972; 36: 719-727 ISSN 0002-1369
37. Chau C, Cheung P. Functional properties of flour prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chemistry*. 1998; 61: 429-433 ISSN 0021-8561
38. Barrera Marin N, Mejia Leudo M. Biología Floral y Fenología del Chachafruto. Cuaderno de educación ambiental N°5 [Internet]. Universidad Nacional de Colombia sede-Palmira. 1999 [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4151/2/Biolog%C3%ADa%20floral%20y%20fenolog%C3%ADa%20del%20chachafruto.pdf>
39. Herrera Amores D. Caracterización morfológica floral de especie silvestres arbóreas (*Acnitus arborescens* L. & *Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el bosque siempre verde pie montano de la cordillera occidental de los Andes bspn01 de los 300 m.s.n.m a 1400m.s.n.m., provincia de Cotopaxi. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Cotopaxi; 2018.
40. Espinoza Córdova G, Rojas R, Espinoza Montesinos F. Análisis químico proximal de granos y harina de pajuro (*Erythrina edulis*) para

elaborar bebidas proteicas. Rev. ALFA. 2021; 5 (14):297-318.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.119>

41. Bedoya Arango O, Bolaños Patiño V, Ricaurte García D, Caicedo M, Guerrero Y. Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). Univ. Salud. 2012; 14(2).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200006

42. Fuentes Quisaguano O. Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial productivo en el Cantón Rumiñahui. Tesis de postgrado. Universidad de las fuerzas armadas Sangolquí - Ecuador; 2018.

43. Courtis A. Germinación de semillas. Guía de estudio. Cátedra de fisiología vegetal. Departamento de Biología, área botánica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 2013. Corrientes, Argentina.

44. Toapanta Moreno A. Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y chachafruto y su aplicación en la elaboración de pan. Tesis de pregrado. Escuela politécnica superior del Chimborazo, Riobamba-Ecuador; 2023.

45. Matheus Araujo D, Rocco Arias V. Valor nutricional y propiedades funcionales del chachafruto (*Erythrina edulis*) como potencial ingrediente para la alimentación humana. Tesis de pregrado. Universidad de Los Andes Mérida; 2018.