

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS DE GRADO

TÉCNICAS DE COCCIÓN SOBRE LA
COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL Y
LA TOXICIDAD DE LA FLOR DE
CUCHUNUC (*GLIRICIDIA SEPIUM*)

QUE PARA OBTENER EL GRADO

MAESTRA EN NUTRICIÓN Y
ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE

PRESENTA

LIC. MARISOL CORREA BECERRIL

DIRECTORA

DRA. ERIKA JUDITH LÓPEZ ZÚÑIGA.

CO-DIRECTOR

DR. CÉSAR OZUNA LÓPEZ



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

JUNIO, 2025.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 05 de agosto de 2025
Oficio No. SA/DIP/0868/2025
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Marisol Correa Becerril
CVU: 1272516
Candidata al Grado de Maestra en Nutrición y Alimentación Sustentable
Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos
UNICACH
Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado TÉCNICAS DE COCCIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL Y LA TOXICIDAD DE LA FLOR DE CUCHUNUC (*GLIRICIDIA SEPILUM*) cuya Directora de tesis es la Dra. Erika Judith López Zúñiga (CVU: 643844) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el Grado de Maestra en Nutrición y Alimentación Sustentable.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Dra. Leonides Elena Flores Guillen, Directora de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH, Para su conocimiento.
Mtra. Brenda Lorena Cruz López, Coordinadora del Posgrado, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH, Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

LPI/DKRL/gpigr



2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos

Reservados todos los derechos.



Ciudad Universitaria, libramiento norte
poniente 1150, col. Lajas Maciel C.P. 29029,
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Este logro no es solo mío, sino de todas las personas que me acompañaron con amor, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este camino.

A mis Hijos, que con su espera silenciosa y su ternura me recordaron cada día la razón por la cual vale la pena esforzarse. Gracias por su paciencia y por ser mi mayor motivación.

A mis Padres, por creer siempre en mí, por sus palabras de aliento y por enseñarme que la constancia y el esfuerzo abren caminos.

A mis Hermanos, por estar presentes en cada etapa, por su apoyo constante y por ser ese refugio que siempre reconforta.

A mi Esposo, gracias por tu apoyo incondicional, tu motivación y por caminar a mi lado en los momentos más desafiantes.

A mis queridas Amigas de la maestría: Nayeli, Crisita, Kayra, Hannia y Sheila. Gracias por su compañía, su amistad sincera y por hacer de este proceso una experiencia más llevadera y valiosa.

A la Maestra Brenda L. Cruz, Coordinadora de la maestría, por su guía y su acompañamiento en cada etapa de este camino.

A la Dra. Erika J. López, Directora de esta tesis, por su orientación durante el proceso. A los integrantes del comité, la Dra. Adriana Caballero y el Dr. Gilber Vela, así como también al Dr. César Ozuna, Codirector y al Mtro. Rey Castañeda, gracias por su tiempo, su atención y sus aportes en el desarrollo de este trabajo.

A todas y todos los Docentes de la maestría, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias y por enriquecer este camino formativo.

A todos ustedes, gracias de corazón.

DEDICATORIA

A mis Padres

Por enseñarme con su ejemplo que no hay meta imposible, por su apoyo constante y su amor incondicional.

Todo lo que hoy soy y todo lo que hoy celebro lleva impreso su amor y su esencia.

Este logro es también suyo, pues ustedes son mi mayor inspiración.

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL	I
INDICE DE FIGURAS	II
INDICE DE TABLAS	III
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVOS	5
MARCO TEÓRICO	6
ALIMENTACIÓN TRADICIONAL	7
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SUSTENTABLE	9
GLIRICIDIA SEPIUM	10
ANTI NUTRIENTES Y EFECTOS A LA SALUD.....	12
IMPACTO DEL CIANURO Y LOS OXALATOS EN LA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA SALUD	13
TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ANTI NUTRIENTES.....	14
TÉCNICAS DE CULINARIAS DE COCCIÓN.....	15
ANTECEDENTES	16
METODOLOGÍA	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
CONCLUSIÓN	30
PROPUESTAS	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	39
ANEXO 1. MÉTODOS DE COCCIÓN	39
ANEXO 2. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	40
ANEXO 3. CUANTIFICACIÓN DE OXALATOS.....	42
ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE CIANURO (HCN).....	43
ANEXO 5. FIGURAS	44
ANEXO 6. EVIDENCIAS	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparaciones con flor de cuchunuc. Tamales de flor de cuchunuc envueltos en hoja de maíz (A) Cuarto Poder Chiapas, (2023, 17 de febrero). Cupcakes de flor de cuchunuc decorados con pétalos (B) Fuente: Orozco, (2022, 26 de febrero). y chiles rellenos de flor de cuchunuc (C) Fuente: Aquino, (2023, 17 de febrero).	08
Figura 2. Flor de <i>Gliricidia sepium</i> (A) Fuente: NaturaLista Colombia, (s. f.). Árbol de <i>Gliricidia sepium</i> con flores (B) Fuente: Enciclopedia Agro, (s. f.-b). y árbol de <i>Gliricidia sepium</i> (C) Fuente: TRAMIL, (s. f.).....	11
Figura 3. Contenido nutricional de la flor de cuchunuc en crudo y después de cada técnica de cocción.....	44
Figura 4. Contenido promedio de oxalatos por tratamiento	45
Figura 5. Contenido de cianuro por tratamiento.....	46
Figura 6. DIAGRAMA.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis proximal en la flor en crudo y después de las técnicas de cocción.	21
Tabla 2. Contenido de oxalatos (100 g de muestra) en flor de cuchunuc bajo diferentes tratamientos térmicos.....	24
Tabla 3. Contenido de cianuro (100g de muestra) en flor de cuchunuc sometida a diferentes técnicas de cocción	27

ABSTRACT

The cuchunuc flowers (*Gliricidia sepium*), traditionally used in Zoque gastronomy, contains anti-nutritional compounds such as oxalates and hydrogen cyanide (HCN), which represent a toxicological risk consumed raw. This study aimed to evaluate the effect of three cooking techniques —boiling, steaming, and baking— on the nutritional composition and reduction of toxic compounds in this flower, in order to identify the most effective treatment to guarantee its safe consumption without compromising its nutritional value.

Proximal chemical analysis (moisture, ash, fiber, fat, protein, and carbohydrates) was performed on the flowers, as well as quantification of Oxalates by titration with 0.05-N KMnO_4 and HCN by UV-Vis spectrophotometry at 510 nm. Data were analyzed ANOVA and Tukey's t -test ($p < 0.05$).

The results showed that boiling at 100 °C for 45 minutes was the most effective method for, reducing HCN (96.23% reduction) and oxalates (75% reduction), although also caused decreases in fiber, protein, and mineral. Even so, the boiled flower retained acceptable levels of nutrients. Steaming and baking also reduced toxic compounds, although to a lesser extent. It is concluded that controlled cooking significantly reduces the antinutritional factors and present in the cuchunuc flower, favoring its safe inclusion in the human diet. These findings support the use of traditional ingredients as sustainable and functional alternatives in the local diet.

RESUMEN

La flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*), utilizada tradicionalmente en la gastronomía zoque, contiene compuestos anti nutricionales como oxalatos y ácido cianhídrico (HCN), los cuales representan un riesgo toxicológico si se consume en crudo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres técnicas de cocción —hervido, al vapor y horneado— sobre la composición nutricional y la reducción de compuestos tóxicos en esta flor, con el fin de identificar el tratamiento más eficaz para garantizar su consumo seguro sin comprometer su valor nutricional.

Se realizó análisis químico proximal (humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína y carbohidratos) a las flores, así como la cuantificación de oxalatos por titulación con KMnO_4 y de HCN por espectrofotometría UV-Vis. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados mostraron que la ebullición a 100°C durante 45 minutos fue el método más efectivo para reducir el contenido de HCN (reducción del 96.23%) y oxalatos (reducción del 75%), aunque también provocó disminuciones en fibra, proteínas y minerales. Aun así, la flor hervida conservó niveles aceptables de nutrientes. El horneado y la cocción al vapor también disminuyeron los compuestos tóxicos, aunque en menor proporción.

Se concluye que la cocción controlada permite reducir significativamente los factores anti nutricionales presentes en la flor de cuchunuc, favoreciendo su inclusión segura en la dieta, ya que los niveles de HCN y oxalatos tras el tratamiento se mantienen dentro de los parámetros sugeridos por la FAO/OMS (2017) y la Asociación Americana de Dietética (2005). Estos hallazgos respaldan el aprovechamiento de ingredientes tradicionales como alternativas sostenibles y funcionales en la alimentación local.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Chiapas existe una amplia variedad de plantas milenarias con múltiples usos, que van desde aplicaciones medicinales hasta culinarias. Entre ellas se encuentra *Gliricidia sepium*, conocida comúnmente como flor de cuchunuc, una especie ampliamente valorada por la cultura Zoque por sus cualidades agroecológicas y su integración en la gastronomía tradicional (Silva-Rivera *et al.*, 2016). Esta flor destaca por su contenido nutricional, aunque también contiene compuestos tóxicos como oxalatos y ácido cianhídrico, lo que limita su consumo en estado crudo debido al riesgo de intoxicación (Ramírez, 2010; López-Moreno *et al.*, 2022)

La cocción adecuada de esta flor no solo es fundamental para su inocuidad, sino que también permite mejorar la asimilación de sus nutrientes. Sin embargo, los efectos de las técnicas de cocción sobre su perfil nutricional y la reducción de sustancias anti nutricionales aún no habían sido profundamente evaluados. Este estudio experimental abordó esta necesidad, analizando la composición nutricional (humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína y carbohidratos) y los niveles de oxalatos y ácido cianhídrico de la flor de cuchunuc bajo tres métodos de cocción: hervido, vapor y horneado.

Los resultados indicaron que la ebullición durante 45 minutos a 100 °C fue el tratamiento más eficaz para reducir significativamente los niveles de oxalatos y HCN (con reducciones de 96.23 y 95%, respectivamente), lo cual garantiza un consumo más seguro. No obstante, también se observó que este método provoca una disminución significativa en ciertos nutrientes, especialmente en fibra, proteínas y minerales. Por su parte, la cocción al vapor y el horneado también demostraron ser estrategias viables, aunque con reducciones menores en la toxicidad.

Este análisis permitió identificar el equilibrio entre inocuidad y conservación de nutrientes, brindando así recomendaciones prácticas para el consumo seguro de esta flor silvestre. Además, fortalece el conocimiento sobre especies locales subutilizadas y promueve su incorporación responsable en la alimentación tradicional y funcional, en línea con los objetivos de seguridad alimentaria y sostenibilidad (FAO *et al.*, 2024; Ibarrola-Rivas & Galicia, 2017).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alimentación comprende una de las principales características culturales de algún lugar o región. Esta sufre cambios de generación en generación, adaptándose a la transición alimentaria de la época, sin embargo, se siguen aprovechando recursos naturales como son las flores, hojas y quelites (Saldaña *et al.*, 2017). Un ejemplo es la flor de cuchunuc, la cual (botones y pétalos) es un ingrediente principal de muchos platillos típicos de la cultura zoque en Chiapas (Caballero *et al.*, 2009).

Es importante mencionar que esta flor, por los compuestos tóxicos que contiene, es nociva a la salud si se consume en su forma cruda o natural, ya que cuenta con compuestos, como alcaloides, triterpenos (Ruth *et al.*, 2023) y cumarinas, hidroquinona, oxalatos y ácido cianhídrico.

Esto es importante, ya que el ácido cianhídrico (HCN), el cual está presente en dicha flor, es una de las especies químicas más dañinas para los humanos; si se consume, es rápidamente absorbido por los tejidos a través del torrente sanguíneo provocando síntomas como mareos, hiperpnea, cianosis, edema pulmonar, colapso cardiovascular e incluso la muerte (Ramírez, 2010), sí mismo, la ingesta dietética de oxalato se ha asociado con el riesgo de enfermedad de cálculos renales, progresión de la enfermedad renal crónica y enfermedad renal terminal (López-Moreno *et al.*, 2022); Por lo tanto, los alimentos en la mayoría de los casos son expuestos a diferentes técnicas de cocción, con el objetivo de resaltar su sabor, cambiar la textura o como estrategia para eliminación la mayoría de cualquier sustancia tóxica que contenga; no obstante, es importante elegir los métodos de cocción para mantener las propiedades del alimento y maximizar sus beneficios (Anju *et al.*, 2024).

Actualmente, en la culinaria chiapaneca las flores y los brotes tiernos de cuchunuc se separan del tallo, se desinfectan y se realiza su cocción por medio de la ebullición, tradicionalmente las cocineras zoques realizan tres ebulliciones sucesivas de 10 a 15 min cada una, enjuagándolas con agua limpia después de cada cocción, y al finalizar las preparan al gusto (Caballero *et al.*, 2009). Al ser un procedimiento tradicional y generacional, no se conocen los efectos de las técnicas de cocción sobre los componentes que contiene dicha especie, tanto sus toxicidades como su aporte nutricional.

JUSTIFICACIÓN

México es un país con una gran biodiversidad, en él existe una amplia variedad de plantas milenarias multipropósitos (Ibarrola-Rivas & Galicia, 2017).

-Un ejemplo de ello es la flor de cuchunuc, la cual, por ser una flor silvestre, es un ingrediente económico y de fácil acceso típico de la gastronomía Zoque (Caballero *et al.*, 2009), conocida científicamente como *Gliricidia sepium*, es valorada en Chiapas no solo por sus beneficios agroecológicos, sino también por su integración en la gastronomía local, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional. Según Esponda Pérez y Galindo Ramírez (2024), la cultura alimentaria desempeña un papel crucial en la nutrición, la sostenibilidad y la identidad de las comunidades (Pérez & Ramírez, 2024).

Desde una perspectiva global, la FAO (2024) destaca la necesidad de adoptar sistemas alimentarios sostenibles que promuevan el uso de recursos naturales de manera responsable. La integración de flores comestibles en la dieta puede contribuir a la seguridad alimentaria, diversificando la oferta de alimentos y reduciendo la dependencia de cultivos tradicionales con alto impacto ambiental (FAO, 2024).

Como alimento, la flor se debe preparar bajo un proceso de cocción para provocar una disminución de las sustancias tóxicas que naturalmente contiene, ya que estas sustancias pueden causar problemas a la salud. Algunos ejemplos de platillos preparados son tamales, chiles rellenos, empanadas, tacos etc. (Saldaña *et al.*, 2017).

Con la obtención de este conocimiento, se podrá hacer difusión del método culinario de cocción recomendable para garantizar la inocuidad del alimento. Además, promover el consumo de productos sostenibles y locales, para así contribuir con el cambio hacia prácticas sostenibles responsables, lo cual contribuye al cumplimiento del objetivo de seguridad alimentaria propuesto por las Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018).

OBJETIVOS

General

Evaluar los efectos de las técnicas culinarias de cocción, hervido, al vapor y horneado, sobre la composición nutrimental y el grado de toxicidad de la flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*).

Específicos

1. Determinar la composición nutrimental de la flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en crudo y cocido.
2. Cuantificar de la cantidad de sustancias toxicas (oxalatos y acido cianhídrico) de la flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en crudo y cocido.
3. Identificar cuál de las técnicas de cocción, hervido, al vapor y horneado elimina el mayor grado de toxicidad de la flor de cuchunuc.

MARCO TEÓRICO

La alimentación es una necesidad biológica primaria para el ser humano, así como también es parte importante de su historia y de su identidad sociocultural.

Ha sufrido un proceso de transformación junto con la evolución biológica y social de la humanidad, los sabores y procesos culinarios han cambiado para adaptarse a los diferentes contextos sociales, culturales y económicos de las diferentes épocas hasta la actualidad (Silva-Rivera *et al.*, 2016).

A lo largo de la historia, los seres humanos han aprovechado los recursos naturales, el empleo de flores comestibles con fines culinarios se remonta a tiempos antiguos en diversas culturas alrededor del mundo; hoy en día, las flores comestibles reciben más atención debido a su valor nutricional, así como su disponibilidad para muchos por su asequibilidad (Da Silva *et al.*, 2019).

-Incluyendo plantas silvestres comestibles que han sido consumidas desde antes de que se estableciera la agricultura, son valoradas además de ser visualmente atractivas, también por sus propiedades nutritivas y medicinales; los tejidos de las flores son ricos en antioxidantes naturales (Suksathan *et al.*, 2021).

Muchas flores se utilizan para producir mermeladas, jaleas, dulces, pasteles, infusiones, especias y alimentos nutraceuticos debido a su aroma, sabores, color, composición química y valor nutricional, es típico de las regiones donde se cultivan y es principalmente la población local quien las consume; su aceptación por parte de los consumidores y su incorporación en la formulación de productos alimenticios funcionales, puede emplearse para combatir la desnutrición en los países en desarrollo (Da Silva *et al.*, 2019; Jadhav *et al.*, 2023).

ALIMENTACIÓN TRADICIONAL

En la historia de los pueblos mesoamericanos, la alimentación tiene un significado más que su función biológica, es reflejo de sus tradiciones y representa unión, reencuentro, identidad y permanencia de una comunidad.

México es un país grande y diverso; tiene una larga historia de uso de flores comestibles endémicas, por lo que la disponibilidad y preparación puede variar, sin embargo, son consideradas parte importante de la cultura y gastronomía de México (Mulík *et al.*, 2024).

Las comunidades indígenas hacen uso de diversas plantas alimenticias tradicionales y silvestres ricas en nutrientes para elaborar alimentos étnicos tradicionales, importantes para abordar la malnutrición y la seguridad alimentaria mundial (Anju *et al.*, 2024).

Desde la época de la conquista hasta la actualidad, la milpa ha sido la base de la alimentación en diversas regiones. Este sistema agrícola permite obtener productos fundamentales como maíz, chile, jitomate, quelites, flores, hongos e incluso insectos comestibles. La amplia diversidad de especies vegetales utilizadas en la alimentación ha garantizado la subsistencia de numerosas poblaciones a lo largo del tiempo (Leyva-Trinidad *et al.*, 2020).

Con el paso de los siglos, la dieta de los mexicanos ha experimentado transformaciones debido a la interacción con otras culturas. Este fenómeno, conocido como mestizaje culinario, ha influido en la evolución de la gastronomía nacional, enriqueciendo su variedad y adaptándose a nuevas influencias (Saldaña *et al.*, 2017).

Este mestizaje culinario también está presente en la cocina cotidiana de la cultura zoque; algunos platillos son el caldo de gallina, estofado de res, frijol con puerco y en temporada se elaboran platillos con base en la flor de la región, llamada cuchunuc (*Gliricidia sepium*).

Ejemplo de estos platillos son, tamales, helados, chiles rellenos, entre otros (Figura 1). Son elaborados por cocineras tradicionales, conocidas por la comunidad zoque como “comideras”, quienes son las encargadas de la preparación de los alimentos en todas las fiestas y rituales de la comunidad zoque de Tuxtla (Saldaña *et al.*, 2017).



Figura 1. Preparaciones con flor de cuchunuc. Tamales de flor de cuchunuc envueltos en hoja de maíz (A) Cuarto Poder Chiapas, (2023, 17 de febrero). Cupcakes de flor de cuchunuc decorados con pétalos (B) Fuente: Orozco, (2022, 26 de febrero). y chiles rellenos de flor de cuchunuc (C) Fuente: Aquino, (2023, 17 de febrero).

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SUSTENTABLE

La seguridad alimentaria y la sustentabilidad en México están profundamente entrelazadas con las prácticas tradicionales y el uso de recursos locales, como las flores comestibles. Estas prácticas no solo enriquecen la gastronomía mexicana, sino que también contribuyen a la diversidad alimentaria y a la sostenibilidad de los sistemas productivos (Ibarrola-Rivas & Galicia, 2017).

Las flores comestibles, como la flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*), han sido parte integral de la dieta en diversas comunidades mexicanas. Su inclusión en la alimentación no solo aporta variedad y riqueza cultural, sino que también ofrece beneficios nutricionales significativos. Estudios han demostrado que muchas flores comestibles contienen componentes saludables como vitaminas y minerales, lo que las convierte en una valiosa adición a la dieta (FAO *et al.*, 2024).

Además, el uso de plantas silvestres comestibles ha jugado un papel crucial en la seguridad alimentaria de diversas comunidades. Estas plantas, al estar disponibles localmente y ser parte de la tradición culinaria, ofrecen una fuente accesible de nutrientes y contribuyen a la autosuficiencia alimentaria (Ortega-Marín & González-Rosas, 2023).

Sin embargo, es esencial reconocer que la modernización y la globalización han influido en los hábitos alimentarios, llevando en ocasiones al abandono de prácticas tradicionales. Retomar y promover el consumo de alimentos tradicionales, como las flores comestibles, puede ser una estrategia efectiva para mejorar la seguridad alimentaria y promover la sostenibilidad (López *et al.*, 2023). Las guías alimentarias para la población mexicana destacan la importancia de consumir más alimentos frescos, de producción local y ricos en nutrientes, enfatizando la relevancia de retomar características de la dieta tradicional mexicana (FAO *et al.*, 2024).

En conclusión, la integración de flores comestibles y otras plantas tradicionales en la dieta mexicana no solo enriquece la gastronomía y preserva el patrimonio cultural, sino que también fortalece la seguridad alimentaria y promueve prácticas sostenibles que benefician tanto a las comunidades locales como al medio ambiente (Ibarrola-Rivas & Galicia, 2017; ; López *et al.*, 2023).

GLIRICIDIA SEPIUM

Es un árbol leguminoso (Figura 2C) de tamaño mediano, crece de forma natural en México y Centroamérica. Pertenece a la familia Fabaceae, reconocido por su valor proteico vegetal (Alamu *et al.*, 2023).

El nombre genérico *Gliricidia* proviene del latín y significa "asesino de ratones", refiriéndose al uso tradicional de las semillas y la corteza tóxicas de *Gliricidia sepium* como rodenticidas. El epíteto específico *sepium* deriva del latín *saepes*, que significa "seto", indicando su uso común en cercas vivas (Cuervo, 2013)

Gliricidia sepium es una especie con gran capacidad para enriquecer distintos tipos de suelo, lo que la convierte en una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Su capacidad para fijar nitrógeno, mejorar la fertilidad del suelo y actuar como abono verde contribuye a optimizar el rendimiento de los cultivos y a fortalecer la sostenibilidad de los agroecosistemas tropicales (Alamu *et al.*, 2023). Además, proporciona diversos beneficios ambientales, como la producción de leña, su uso como veneno para ratas y su potencial como fuente alternativa de energía (Marak & Wani, 2018).

Esta especie se encuentra de manera natural en diversos ecosistemas, incluyendo dunas de arena costeras, riberas de ríos, llanuras y pendientes pronunciadas. Se caracteriza por su rápido crecimiento, alta capacidad de regeneración y resistencia a la sequía, lo que la hace ideal para la reforestación y la restauración de suelos degradados (Marak & Wani, 2018).

La floración de *Gliricidia sepium* ocurre iniciando en la primera semana de marzo y extendiéndose hasta la primera semana de abril, con su punto máximo a finales de mes (Marak & Wani, 2018). Estas nacen en racimos de 20 a 40 flores (Figura 2A y B), se pueden encontrar en tonos rosas a lila, y en blanco (Figura 2A) los pétalos miden aproximadamente 20 mm de largo y 4 mm de ancho (Mallapu, 2017).

Los principales compuestos de la *Gliricidia sepium* son alcaloides, taninos, dicumerol, cumarinas, ácido cianhídrico (HCN) (Harlis *et al.*, 2023), además de terpenoides (Ruth *et al.*, 2023) y oxalatos (Purohit *et al.*, 2023). La toxicidad de estos compuestos son una señal de advertencia contra el uso la flor como material alimenticio.

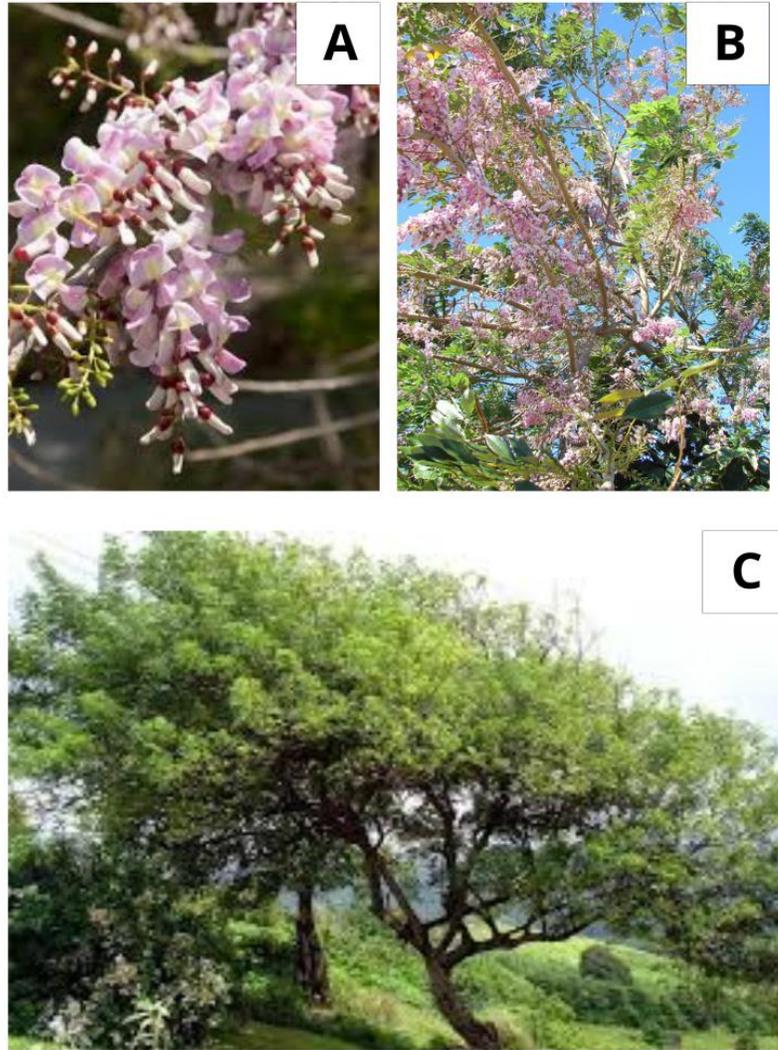


Figura 2. Flor de *Gliricidia sepium* (A) Fuente: NaturaLista Colombia, (s. f.). Árbol de *Gliricidia sepium* con flores (B) Fuente: Enciclopedia Agro, (s. f.-b). y árbol de *Gliricidia sepium* (C) Fuente: TRAMIL, (s. f.).

ANTI NUTRIENTES Y EFECTOS A LA SALUD

Los factores anti nutricionales son sustancias químicas naturales sintetizadas por las plantas a través de diversos mecanismos metabólicos como mecanismo de defensa, también son conocidos como metabolitos secundarios, los cuales al ser consumidos limitan la biodisponibilidad de nutrientes en el organismo (Purohit *et al.*, 2023).

Las legumbres, que son parte de la familia Fabáceas dentro del grupo de plantas con flores (angiospermas), son conocidas por su alto contenido de proteínas, lo que las hace importantes para la salud humana (Arise *et al.*, 2022) no obstante, las legumbres presentan ciertos elementos perjudiciales o anti nutricionales, que forman parte de su mecanismo de protección, que pueden interferir con la absorción de nutrientes o tener otros efectos negativos en la salud (Purohit *et al.*, 2023).

Estos compuestos conocidos como anti nutrientes, por su efecto contrario a la nutrición, en leguminosas son polifenoles como taninos y cumarinas, toxinas nitrogenadas como glucósidos cianogénicos y lectinas, terpenos como alcaloides, saponinas y esteroides e hidrocarburos como el ácido oxálico. Los efectos a la salud por su consumo son, estreñimiento, vómito, efectos cardiacos, fallo respiratorio, problemas renales (Das *et al.*, 2022).

Entre los compuestos antinutritivos de la flor de *Gliricidia sepium*, está el ácido cianhídrico (HCN), es una de las sustancias químicas más peligrosas para los humanos, es absorbido por los tejidos a través del torrente sanguíneo, como resultado, puede provocar síntomas como mareos, somnolencia, hiperpnea, cianosis, edema pulmonar y colapso cardiovascular, que pueden ser mortales si se ingiere (Da Silva *et al.*, 2019).

Además, los oxalatos, poseen la capacidad de reaccionar con minerales como el sodio y el potasio, formando sales solubles en agua, mientras que, al unirse con calcio, hierro o zinc, generan sales insolubles; La ingesta dietética de oxalato es asociada el riesgo de enfermedad de cálculos renales (López-Moreno *et al.*, 2022).

IMPACTO DEL CIANURO Y LOS OXALATOS EN LA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA SALUD

Los compuestos anti nutricionales, como el ácido cianhídrico (HCN) y los oxalatos, afectan en la absorción de nutrientes y pueden tener efectos negativos en la salud a largo plazo.

El cianuro es un compuesto altamente tóxico que puede interferir con la utilización de nutrientes esenciales, como el hierro y la vitamina B12. La exposición prolongada a niveles subclínicos de cianuro se ha relacionado con la aparición de neuropatías, problemas tiroideos e incluso enfermedades neurodegenerativas en poblaciones expuestas a dietas ricas en alimentos con glucósidos cianogénicos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)., 2023). Además, se ha demostrado que los efectos del cianuro son más graves en individuos con dietas deficientes en proteínas, lo que sugiere que una nutrición adecuada puede mitigar parcialmente su toxicidad (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)., 2023)

Por otro lado, los oxalatos son conocidos por su capacidad de formar complejos insolubles con minerales esenciales como el calcio, reduciendo su absorción y biodisponibilidad (Linus Pauling Institute (LPI), 2023). Esta interacción puede contribuir al desarrollo de deficiencias minerales y cálculos renales, lo que representa un problema de salud pública en poblaciones con dietas altas en oxalatos y bajas en calcio. Un alto consumo de oxalatos se ha asociado con toxicidad y patologías en humanos y animales, por lo que su ingesta debe moderarse (Medicina Integrativa, 2023).

Dado que la flor de cuchunuc contiene ambos compuestos, su consumo en crudo podría representar un riesgo nutricional y toxicológico si no se aplican técnicas adecuadas de procesamiento para reducir su contenido. La elección del método de cocción es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la biodisponibilidad de sus nutrientes.

TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ANTI NUTRIENTES

Los anti nutrientes son compuestos vegetales que tradicionalmente se han considerado nocivos para la salud debido a su potencial para limitar la biodisponibilidad de nutrientes esenciales (Purohit *et al.*, 2023).

Para eliminar estas sustancias, se utilizan procesos térmicos de cocción diferentes para reducir su cantidad en los alimentos.

Los diferentes métodos de procesamiento influyen en la composición nutricional y en la reducción de los factores anti nutricionales, lo que contribuye a mejorar la calidad nutritiva de los vegetales y leguminosas. Entre las técnicas más efectivas para reducir los compuestos anti nutricionales incluyen el remojo, la germinación, la cocción, la fermentación y los tratamientos enzimáticos (Purohit *et al.*, 2023). Además, métodos emergentes de procesamiento como el uso de microondas, extrusión e irradiación también han demostrado ser efectivos para eliminar los anti nutrientes presentes en las semillas de legumbres (Das *et al.*, 2022).

Se ha demostrado que la disminución de factores anti nutricionales en las legumbres depende del método de preparación utilizado y de las características propias de cada variedad. Además, estos procesos no solo afectan la biodisponibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes, sino que también mejoran la palatabilidad, lo que favorece su digestibilidad y aumenta su valor nutritivo (Kalpanadevi & Mohan, 2012).

TÉCNICAS DE CULINARIAS DE COCCIÓN

Las técnicas de cocción como el hervido, la cocción al vapor y el horneado afectan significativamente las propiedades nutricionales y bioactivas de los alimentos, incluidas las flores comestibles. Estos métodos impactan de manera diferente la conservación de nutrientes, antioxidantes y la formación de compuestos potencialmente perjudiciales.

El hervido, una técnica común que implica la inmersión de los alimentos en agua hirviendo, puede ocasionar pérdidas significativas de vitaminas y minerales hidrosolubles como la vitamina C y las del complejo B, las cuales se disuelven en el agua de cocción. Sin embargo, estudios han demostrado que tiempos de cocción cortos (3 minutos) pueden minimizar estas pérdidas y preservar los compuestos bioactivos en ciertas flores comestibles (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2018; García & Gómez, 2015).

La cocción al vapor, al no requerir contacto directo con agua, preserva mejor las vitaminas, minerales y antioxidantes como los polifenoles y las antocianinas. Además, este método ayuda a mantener el color y la textura de los alimentos, lo cual es especialmente relevante para las flores comestibles, ya que estas propiedades influyen en su valor estético y funcional en la gastronomía (García & Gómez, 2018; Rodríguez-Miranda *et al.*, 2018).

El horneado, por su parte, utiliza calor seco para cocinar los alimentos. Este método puede mejorar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes, pero temperaturas altas y tiempos prolongados pueden reducir compuestos sensibles al calor, como la vitamina C. A pesar de estas limitaciones, estudios recientes destacan su potencial para conservar o realzar ciertos componentes bioactivos bajo condiciones controladas (García & Gómez, 2015; Kannapinn & Schäfer, 2022).

En general, las técnicas de cocción influyen en la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, incluyendo flores comestibles, y es crucial seleccionar el método adecuado según los objetivos culinarios y nutricionales. Métodos como la cocción al vapor y el hervido breve son particularmente eficaces para preservar antioxidantes y nutrientes esenciales (Rodríguez *et al.*, 2018; Shehadeh *et al.*, 2019).

ANTECEDENTES

Diversos estudios han analizado el impacto de los métodos de cocción en la composición química y propiedades bioactivas de flores comestibles, destacando la importancia de seleccionar la técnica adecuada para maximizar el valor nutricional y reducir la pérdida de compuestos beneficiosos. En este contexto, Castañeda-Rodríguez *et al.* (2023) evaluaron los efectos de diferentes técnicas de preparación sobre las flores de calabaza, incluyendo ebullición, sofrito y cocción al vapor en tiempos de 1, 2, 3, 5, 10 y 15 minutos. Se analizó la microestructura, humedad, contenido de grasas, proteínas, carbohidratos derivados de la glucosa, compuestos bioactivos, fenólicos y capacidad antioxidante. Los resultados mostraron que la cocción al vapor fue el método que mejor conservó los compuestos bioactivos, la capacidad antioxidante, la microestructura, las proteínas y los carbohidratos derivados de la glucosa.

En otro estudio, Castañeda-Rodríguez *et al.* (2023) investigaron el efecto de los mismos métodos de cocción en flores de *Agave salmiana*, considerando sus propiedades fisicoquímicas, bioactivas y antioxidantes, además de la bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos. Se encontró que la ebullición y la cocción al vapor provocaron la pérdida de compuestos hidrosolubles, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, mientras que el sofrito afectó principalmente los compuestos liposolubles. Como consecuencia, la capacidad antioxidante de las flores disminuyó significativamente tras la cocción.

Por su parte, Sandoval-Gallegos *et al.* (2021) analizaron el efecto de la ebullición en *Malva parviflora* (hoja de malva) y *Myrtillocactus geometrizans* (flor de garambullo). Para ello, sumergieron las muestras en un vaso de precipitados con agua destilada (relación 1:10) a 90 °C durante 90 segundos. Se evaluaron la composición nutricional, los compuestos fenólicos totales, la capacidad antioxidante y las características fisicoquímicas y morfológicas. Se encontró que la ebullición provocó oscurecimiento de las plantas, reducción de compuestos solubles y disminución de la capacidad antioxidante, excepto en la retención de agua, retención de aceite y viscosidad. Por ello, se recomendó el consumo crudo o con mínima cocción para preservar sus propiedades.

En el caso de las flores de *Yucca spp.*, Castañeda-Rodríguez *et al.* (2024) evaluaron los efectos de la ebullición, cocción al vapor y sofrito durante 3, 10 y 15 minutos sobre su composición química, microestructura, compuestos bioactivos totales, fenólicos, poder antioxidante y bioaccesibilidad. Se concluyó que los métodos de cocción modifican la composición química y reducen la concentración de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. Sin embargo, la cocción al vapor fue la mejor opción para conservar los compuestos bioactivos, mientras que el sofrito y la ebullición mejoraron la bioaccesibilidad de los compuestos liposolubles, aunque con pérdida de la microestructura.

Finalmente, Vela-Gutiérrez *et al.* (2022) estudiaron el impacto de diferentes tratamientos térmicos, incluyendo esterilización en autoclave, microondas, extrusión, tostado y solventes, en la reducción de oxalatos y ácido cianhídrico (HCN) en cormos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium* y *Colocasia esculenta*). Se encontró que la cocción redujo más del 75% de los oxalatos y eliminó completamente el HCN tras 20 minutos de ebullición. Por lo tanto, se concluyó que el consumo de malanga cocida no representa un riesgo para la salud humana.

METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue de tipo experimental y con enfoque cuantitativo.

MATERIALES

Como materia prima de esta investigación, se utilizaron las flores del árbol *Gliricidia sepium*, especie (Jacq.) Kunth Ex Walp, flora típica utilizada en la alimentación tradicional por los Zoques del centro (región metropolitana) del Estado de Chiapas, particularmente en la capital Tuxtla Gutiérrez.

Las flores fueron compradas en el mercado “20 de noviembre”, ubicado en calle 2da oriente norte, San Marcos, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.— Estas fueron desinfectadas con “Microdyn®”, (solución de plata coloidal) y almacenadas en refrigeración a -4°C, para su conservación.

MÉTODOS DE COCCIÓN

La flor de cuchunuc fue sometida a distintos métodos de cocción con variaciones en temperatura y tiempo. Se evaluó la eficiencia de cada técnica en la reducción de compuestos tóxicos y su impacto en el valor nutricional de la flor. Los métodos de cocción empleados fueron ebullición, cocción al vapor y horneado, con diferentes tiempos de tratamiento.

Los detalles específicos de cada procedimiento se describen en el Anexo 1.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Se realizó el análisis químico proximal que comprende las determinaciones de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos y proteína en la flor de *Gliricidia sepium* después de cada proceso de cocción en su mayor tiempo, siguiendo los métodos descritos por la AOAC International (2019). Las técnicas específicas utilizadas para cada análisis se describen en detalle en el Anexo 2.

El contenido de ácido cianhídrico y el contenido de oxalato se determinó en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF), de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

OXALATOS

La cuantificación de estos compuestos se realizó mediante titulación con permanganato de potasio (KMnO₄) 0.05 N, (R. Olajide *et al.*, 2011). El procedimiento detallado se encuentra en el Anexo 3.

ÁCIDO CIANHÍDRICO

El contenido de ácido cianhídrico se determinó por espectrofotometría UV-Vis (Agilent, modelo 8453) a 510 nm, siguiendo la metodología propuesta por Olajide *et al.* (2011). El cálculo del contenido total de cianuro se realizó mediante la ecuación correspondiente. Los detalles del procedimiento se encuentran en el Anexo 4.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos experimentales que se muestran son la media \pm desviación estándar replicado en tres muestras. Los datos se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA). Las diferencias entre los valores se compararon mediante la prueba de Tukey con niveles de probabilidad ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

QUÍMICO PROXIMAL

En la tabla 1, se muestra el efecto de las técnicas de cocción sobre la composición química de la flor de cuchunuc en crudo.

Tabla 1. Análisis proximal en la flor en crudo y después de las técnicas de cocción.

Muestras	Humedad	Ceniza	Fibra	Grasa	Proteína	Carbohidrato
Flor cruda	42.63±1.004 ^b	4.17±0.18 ^a	20.17±0.379 ^b	0.58±0.19 ^b	10.76±0.29 ^a	21.70±0.64 ^b
Horneado	40.40±0.56 ^c	4.22±0.18 ^a	19.23±0.99 ^b	1.44±0.49 ^a	10.42±0.00 ^{ab}	24.27±1.19 ^a
Al vapor	41.01±0.51 ^{bc}	3.95±0.18 ^a	21.61±0.23 ^a	1.33±0.30 ^{ab}	11.16±0.64 ^a	20.93±0.30 ^b
Hervido	54.36±0.13 ^a	2.20±0.32 ^b	16.58±0.03 ^c	0.71±0.02 ^{ab}	9.63±0.015 ^b	16.52±0.03 ^c

*El valor representa la media ± la desviación estándar por triplicado. *Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas (Ji-cuadrado $p < 0.05$).

Los resultados se presentan como media ± desviación estándar, expresados en porcentaje y con base a peso seco (PS). Letras (a,b,c) indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados obtenidos revelan cambios significativos en la composición nutricional de la flor de cuchunuc tras diferentes métodos de cocción, lo que subraya la influencia de estos procesos en sus propiedades. El análisis de la composición proximal (humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína y carbohidratos) y los análisis estadísticos (ANOVA) permiten una comprensión detallada de estos cambios.

Humedad

El contenido inicial de humedad de la flor cruda fue de 42.63%. La cocción por ebullición incrementó la humedad a 54.36%, lo que representa un aumento del 27.52% ($p < 0.05$). Este incremento se explica por la absorción de agua por las células vegetales durante la cocción en agua, como se ha observado en otros estudios (D'Amelia *et al.*, 2022).

En contraste el horneado redujo la humedad a 40.40%, (5.23% de disminución, $p < 0.05$), consistente con la pérdida de agua por evaporación debido al calor seco (Patel *et al.*, 2019). Por su parte la cocción al vapor mostró un contenido de humedad de 41.01%, una ligera disminución del 3.80% en comparación con la flor cruda, sin diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que este método retiene mejor la humedad (Hip Kam *et al.*, 2023).

Cenizas

El contenido de cenizas en la flor cruda fue de 4.17%. La cocción por ebullición redujo significativamente el contenido de cenizas a 2.20% (47.24% de disminución, $p < 0.05$). Esta reducción puede explicarse por la lixiviación de minerales solubles durante la cocción en agua (Issa *et al.*, 2019). En cambio, el horneado aumentó ligeramente el contenido de ceniza a 4.22% (incremento del 1.20%), mientras que la cocción al vapor lo redujo a 3.95% (disminución del 5.28%). Estos resultados indican que el horneado puede concentrar minerales al reducir la humedad, y que el vapor es menos agresivo que la ebullición en términos de pérdida mineral (Lobefaro *et al.*, 2021).

Fibra

El contenido de fibra en la flor cruda fue de 20.17. La cocción por ebullición redujo el contenido de fibra a 16.58% (17.80% de disminución, $p < 0.05$).

Esta disminución puede deberse a la solubilización y pérdida de algunas fracciones de fibra en el agua de cocción (Liu *et al.*, 2024). El horneado redujo el contenido de fibra a 19.23% (4.66% de disminución, $p < 0.05$), por alteraciones estructurales inducidas por el calor seco (David Wesley *et al.*, 2021). Estos resultados subrayan que tanto el calor como el medio de cocción influyen en la retención de fibra dietética.

Grasa

El contenido inicial de grasa fue de 0.58%. La cocción al vapor aumentó el contenido de grasa a 1.33% (129.31% de incremento, $p < 0.05$).

El horneado aumentó el contenido de grasa a 1.44% (148.28% de incremento, $p < 0.05$). Aunque no se añade grasa durante estos métodos, este aumento puede explicarse por la concentración relativa de grasa debido a la pérdida de humedad y otros componentes

solubles, fenómeno reportado en alimentos vegetales cocidos (Perucini-Avendaño *et al.*, 2024).

Proteína

El contenido de proteína en la flor cruda fue de 10.76%. La cocción por ebullición disminuyó el contenido de proteína a 9.63% (10.50% de disminución, $p < 0.05$), debido a la desnaturalización de proteínas y la pérdida de algunos aminoácidos en el agua de cocción (Moorthy *et al.*, 2020). Otros métodos de cocción no presentaron variaciones significativas en el contenido de proteína.

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos en la flor cruda fue de 21.70%. La cocción por ebullición redujo el contenido de carbohidratos a 16.52% (23.87% de disminución, $p < 0.05$), atribuible a la pérdida de azúcares y carbohidratos solubles en el agua (Castañeda-Rodríguez *et al.*, 2023).

Por el contrario, después de horneado aumento a 24.27%, (11.89% de aumento, $p < 0.05$).

Los métodos de cocción influyen de manera diferencial en la composición nutricional de la flor de cushunuc, estos hallazgos son cruciales para comprender cómo la preparación de alimentos afecta su valor nutricional y así como optimizar los métodos de cocción para preservar los componentes beneficiosos de la flor de cushunuc. Además, es importante considerar la cultura alimentaria y las prácticas culinarias tradicionales en el contexto de estos hallazgos (Silva-Rivera *et al.*, 2016).

OXALATOS

La Tabla 2, muestra la concentración de oxalatos en la flor cruda y después de ser sometida a diferentes técnicas de cocción (hervido, cocción al vapor y horneado).

Se observó una reducción significativa ($p < 0.05$) en el contenido de oxalatos con el incremento del tiempo de cocción en comparación con la flor en crudo ($6.66 \pm 0.23 \times 10^{-3}$).

Tabla 1. Contenido de oxalatos (100 g de muestra) en flor de cuchunuc bajo diferentes tratamientos térmicos

Tratamiento	Media (mg)	Desviación estándar (mg)	Grupo (Tukey)	Interpretación
Flor fresca (FF)	0.0066667	0.0023094	A (mayor contenido)	Alto contenido de oxalatos en el estado natural de la flor.
Horneado 3 min	0.0070000	0.0000000	A (mayor contenido)	Contenido de oxalatos alto, similar a la flor fresca. El horneado inicial no reduce los oxalatos.
Vapor 15 min	0.0063333	0.0005774	A B (intermedio)	Ligeramente menor que la flor fresca, sin diferencia significativa.
Hervido 15 min	0.0053333	0.0005774	A B (intermedio)	Similar al vapor a corto plazo; cocción comienza a reducir oxalatos.
Vapor 30 min	0.0050000	0.0000000	A B C (intermedio)	Reducción adicional sin diferencia significativa respecto a los tratamientos con mayor contenido.
Horneado 5 min	0.0050000	0.0000000	A B C (intermedio)	Efecto similar al vapor por 30 minutos.
Vapor 45 min	0.0043333	0.0005774	B C D (intermedio)	Ligera disminución adicional.
Hervido 30 min	0.0030000	0.0000000	C D E (contenido bajo)	Reducción significativa en comparación con tratamientos cortos.
Horneado 10 min	0.0023333	0.0005774	D E (contenido bajo)	Disminución considerable, aunque menor que el hervido prolongado.
Hervido 45 min	0.0016667	0.0005774	E (contenido muy bajo)	Método más eficaz para reducir oxalatos.

Se presentan los valores medios (\pm desviación estándar) del contenido de oxalatos para cada tratamiento, expresados en gramos por gramo de muestra. Las letras (A, B, C, D, E) indican grupos estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de este estudio revelan que el contenido de oxalatos en la flor de cuchunuc se ve significativamente afectado por los métodos de cocción aplicados. La cocción al vapor

mostró una disminución de oxalatos con el incremento del tiempo, pero sin diferencias estadísticas significativas entre los 30 y 45 minutos ($p > 0.05$).

En el horneado, la menor media se presentó a los 10 minutos, sin diferencias significativas respecto a los 5 minutos ($p > 0.05$).

La ebullición por 45 minutos resultó ser el método más eficaz para la reducción de oxalatos, con una media de 0.0017, seguido por el horneado durante 10 minutos, ambos con diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás tratamientos ($p < 0.05$). Esto coincide con lo reportado por Chai y Liebman (2005), quienes encontraron que la ebullición reduce los oxalatos en un rango del 30 al 87%, en comparación con el horneado y la cocción al vapor. Esto sugiere que tanto una cocción prolongada en agua como un horneado más extenso pueden contribuir significativamente a la reducción de este anti nutriente en la flor de cuchunuc. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Avila *et al.* (2020), quienes observaron que el contenido de oxalatos en diversos alimentos puede variar considerablemente según el procesamiento térmico aplicado. Judprasong *et al.* (2006) también confirmaron que el contenido de oxalatos, tanto solubles como insolubles, puede modificarse sustancialmente con los métodos domésticos de cocción, y destacaron la importancia de considerar estas variaciones en la evaluación de la ingesta dietética.

Además, este estudio confirma la utilidad de los métodos tradicionales de cocción como herramientas prácticas para reducir los compuestos anti nutricionales. Diversos autores han subrayado que los métodos térmicos como la ebullición, el horneado y el cocido al vapor pueden inducir cambios significativos en la composición nutricional de los alimentos, afectando tanto nutrientes como anti nutrientes, dependiendo del tipo de alimento y del tratamiento térmico (Maurya *et al.*, 2022). Esta evidencia apoya la necesidad de estudiar estos métodos de manera controlada y sistemática, ya que su efecto sobre los compuestos anti nutricionales puede variar ampliamente.

A pesar de la reducción observada, persiste una fracción de oxalatos residuales que no es eliminada completamente. La transformación química de estos compuestos durante el tratamiento térmico, así como su destino metabólico en el organismo, representan aspectos poco abordados y de alta relevancia en el contexto de la salud pública (Pore *et al.*, 2022). De acuerdo con esta revisión, algunos oxalatos residuales pueden formar sales insolubles como el oxalato de calcio, cuya acumulación se ha asociado a condiciones como la nefrolitiasis. Por lo tanto, no solo debe evaluarse la reducción, sino también las posibles transformaciones

estructurales que puedan ocurrir durante el procesamiento, para así, maximizar el valor nutricional y minimizar los riesgos para la salud (Maurya *et al.*, 2022).

CIANURO (HCN)

En la tabla 3, se presentan los valores en mg que contiene la flor de cushunuc de ácido Cianhídrico en crudo y después de cada técnica de cocción. La flor cruda contiene 167.90 ± 21.31 mg y se observa que existe una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en todos los tiempos de cada técnica de cocción en comparación con la flor en crudo.

Tabla 2. Contenido de cianuro (100g de muestra) en flor de cushunuc sometida a diferentes técnicas de cocción.

Tratamiento	Media (mg)	Desviación estándar (mg)	Grupo (Tukey)	Interpretación
Flor Fresca (FF)	0.424	0.05384	A	Presenta el contenido de cianuro más alto; significativamente mayor que todos los tratamientos cocidos.
Vapor 15 min	0.13067	0.02354	B	Reducción marcada tras 15 min de vapor; nivel similar al de 30 min (mismo grupo) y significativamente menor que la flor fresca.
Vapor 30 min	0.128	0.02272	B	Mantiene un contenido similar al de 15 min; perteneciente al mismo grupo B, sin diferencia estadística entre ambos.
Vapor 45 min	0.099	0.02252	B C	Continúa la disminución; comparte grupo con B y C, lo que indica que no difiere de tratamientos al vapor cortos ni de los primeros horneados.
Horneado 3 min	0.089	0.00557	B C D	Ligera reducción respecto al vapor; amplia coincidencia con grupos B, C y D, lo que indica diferencias moderadas con varios tratamientos previos.
Horneado 5 min	0.083	0.00954	C D E	Reducción progresiva; comparte grupo con horneados y hervidos intermedios, mostrando menor cianuro que los tratamientos al vapor.
Horneado 10 min	0.05533	0.03235	C D E	Continúa la tendencia a la baja; no difiere significativamente de horneados y hervidos intermedios, pero es mucho menor que la flor fresca y los de vapor.
Hervido 15 min	0.021	0.00557	D E	Disminución notable tras 15 min de ebullición; nivel similar a hervidos más largos, sin diferir de los grupos D y E.
Hervido 30 min	0.018	0.00531	E	Uno de los valores más bajos; significativamente diferente de todos los tratamientos con letras A, B o C, y equivalente al hervido 45 min.

Tratamiento	Media (mg)	Desviación estándar (mg)	Grupo (Tukey)	Interpretación
Hervido 45 min	0.016	0.02252	E	Contenido mínimo de cianuro; tratamiento más eficaz, sin diferencia con hervido 30 min, y claramente inferior a los demás métodos.

Se reporta la media y la desviación estándar. Los valores son expresados en mg de muestra de ácido Cianhídrico en la flor cruda y después de cada tratamiento. Las letras (A, B, C, D, E) indican sí existe diferencia estadística entre las medias, usando la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Todos los resultados se presentaron sobre peso seco.

Los resultados de este estudio demuestran que los métodos de cocción influyen significativamente en la reducción del contenido de cianuro (HCN) en la flor de cuchunuc. La flor fresca (FF) presentó la concentración más alta de HCN (0.424 mg), lo que subraya la importancia del procesamiento culinario para disminuir este compuesto anti nutricional.

La aplicación de diferentes técnicas de cocción resultó en una disminución notable del contenido de HCN. La cocción en ebullición durante 45 minutos mostró ser la más efectiva, reduciendo el HCN a 0.016 mg, lo que representa una reducción del 96.23%. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Kalpanadevi y Mohan (2013), quienes indicaron que el HCN se volatiliza durante la cocción, lo cual explica la alta eficacia del hervido como estrategia de detoxificación térmica.

De igual forma, la cocción al vapor también logró una reducción significativa, disminuyendo el contenido de HCN a 0.099 mg (76.65%). Por su parte, el horneado durante 10 minutos logró reducir el HCN a 0.05533 mg, lo que equivale a una reducción del 86.95%. Estos resultados reflejan que aunque los tres métodos son efectivos, el nivel de contacto con el agua y la duración del calor influyen considerablemente en la eficacia del tratamiento.

Estudios previos han corroborado estos efectos. Por ejemplo, el trabajo de Chongtham, Bisht y Haorongbam (2022) sobre brotes de bambú confirmó que la ebullición es una estrategia efectiva para reducir el riesgo de intoxicación por cianuro. Asimismo, Lambri y Fumi (2014) reportaron que el secado en horno a 60 °C durante 8 horas puede disminuir hasta en un 95% los compuestos cianogénicos en la raíz de yuca (*Manihot esculenta*), y Nyirenda (2021) reforzó esta evidencia al demostrar que los procesos térmicos bien controlados son capaces de inactivar estos compuestos tóxicos eficientemente.

Estos hallazgos también concuerdan con las recomendaciones internacionales. La FAO/OMS (2017) establece que la ingesta diaria máxima tolerable de HCN es de 0.02 mg/kg de peso corporal, por lo que reducir los niveles mediante cocción es esencial para garantizar la seguridad del consumo.

Sin embargo, aunque el hervido demostró ser el método más eficaz en este estudio, es importante considerar que ningún tratamiento único garantiza la eliminación completa del HCN. Rawat, Ranote y Kaushal (2015) señalan que la combinación de varios métodos de procesamiento puede ser más efectiva para reducir el riesgo de toxicidad, ya que métodos como el remojo, la fermentación y la cocción sucesiva pueden actuar sinérgicamente. Además, es importante considerar que la combinación de múltiples métodos de procesamiento puede ser necesaria para optimizar la eliminación de toxinas y preservar el valor nutricional de la flor de cuchunuc. Por ejemplo, estudios han demostrado que el uso combinado de técnicas como la fermentación y la cocción puede ser eficaz para reducir compuestos anti nutricionales en alimentos vegetales (Ghanati *et al.*, 2024).

Por ello, se sugiere la integración de técnicas combinadas que no solo optimicen la eliminación de toxinas, sino que también conserven el valor nutricional de la flor de cuchunuc.

Por lo tanto, los resultados obtenidos revelan que las tres técnicas de cocción evaluadas (ebullición, cocción al vapor y horneado), logran reducir de manera efectiva el contenido de HCN. No obstante, la ebullición por 45 minutos a 100 °C fue la más eficiente, eliminando hasta un 96% del compuesto. Este tipo de evidencia respalda la recomendación de preferir métodos de cocción prolongados como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria al consumir alimentos potencialmente tóxicos (FAO/OMS, 2017; Kalpanadevi & Mohan, 2013; Chongtham *et al.*, 2022; Lambri & Fumi, 2014).

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman que las técnicas de cocción tienen un impacto significativo tanto en la composición nutricional como en la reducción de compuestos tóxicos, particularmente el cianuro (HCN), en la flor de cuchunuc. En relación con los objetivos planteados, se determinó que la ebullición durante 45 minutos fue la técnica más eficaz para eliminar HCN, con una reducción del 96.23%, mientras que el horneado y la cocción al vapor también mostraron reducciones importantes (86.95 y 76.65%, respectivamente).

En cuanto a los nutrientes, se observaron pérdidas variables dependiendo del método aplicado, siendo la ebullición la que provocó mayores pérdidas de compuestos solubles, como proteínas y carbohidratos, mientras que el horneado permitió conservar mejor ciertos componentes.

Estos hallazgos permiten concluir que la elección adecuada del método de cocción puede maximizar la seguridad alimentaria al reducir los compuestos tóxicos, sin comprometer excesivamente el valor nutricional de la flor de cuchunuc. Por tanto, su procesamiento térmico controlado la convierte en una opción viable y segura para el consumo humano, contribuyendo al aprovechamiento responsable de recursos alimenticios locales y sostenibles.

PROPUESTAS

En este contexto, se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en la identificación y caracterización de los compuestos bioactivos presentes en la flor de cuchunuc, con el objetivo de evaluar su potencial antioxidante y otros beneficios asociados a su consumo. Estos estudios permitirían ampliar el conocimiento sobre sus propiedades funcionales y fortalecer su aprovechamiento en la industria alimentaria y farmacéutica, posicionándola como una alternativa saludable y con valor añadido.

Además, se recomienda incentivar el cultivo de la flor de cuchunuc en comunidades rurales como una estrategia para fortalecer la seguridad alimentaria, diversificar los sistemas agroproductivos y reducir la dependencia de cultivos convencionales con mayor huella ambiental. Su integración en el desarrollo de productos alimenticios funcionales y sustentables representa una alternativa viable para ampliar la oferta de alimentos con propiedades nutricionales y bioactivas.

De igual manera, se considera esencial implementar estrategias de educación y sensibilización dirigidas a productores y consumidores, con el fin de promover el conocimiento sobre los beneficios nutricionales y funcionales de esta especie vegetal, fomentando así su aprovechamiento responsable y sostenible. Finalmente, se recomienda continuar explorando combinaciones de técnicas de procesamiento, como la cocción y la fermentación, que permitan optimizar la reducción de compuestos anti nutricionales y preservar o potenciar la concentración de compuestos bioactivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC International. (2019). Métodos oficiales de análisis de AOAC International (21.^a ed.).
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2024. Toxicological Profile for Cyanide (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp8.pdf>
- Alamu, E. O., Adesokan, M., Fawole, S., Maziya-Dixon, B., Mehreteab, T., & Chikoye, D. (2023). *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp Applications for Enhancing Soil Fertility and Crop Nutritional Qualities: A Review. *Forests*, 14(3), 635. <https://doi.org/10.3390/f14030635>
- Anju, T., Saritha, G. N. G., Ramchiary, N., & Kumar, A. (2024). Assessing the impact of different cooking methods on nutrients, phytochemicals and antioxidant activity of traditional food plants. *Food Chemistry Advances*, 4, 100677. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100677>
- Aquino, M. (2023, 17 de febrero). Una Feria para que “se te haga agua la boca”: la de la Flor de Cuchunuc. *Aquinoticias.mx*. <https://aquinoticias.mx/una-feria-para-que-se-te-haga-agua-la-boca-la-de-la-flor-de-cuchunuc/>
- Arise, A. K., Malomo, S. A., Cynthia, C. I., Aliyu, N. A., & Arise, R. O. (2022). Influence of processing methods on the antinutrients, morphology and in-vitro protein digestibility of jack bean. *Food Chemistry Advances*, 1, 100078. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100078>
- Avila-Nava, A., Medina-Vera, I., Rodríguez-Hernández, P., Guevara-Cruz, M., Canton, P. K. H., Tovar, A. R., & Torres, N. (2020b). Oxalate Content and Antioxidant Activity of Different Ethnic Foods. *Journal Of Renal Nutrition*, 31(1), 73-79. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.04.006>
- Chai, W., & Liebman, M. (2005). Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17), 3027–3030. <https://doi.org/10.1021/jf048128d>
- Caballero-Roque, A., Zúñiga, E. J. L., & Vázquez, E. M. (2009). La flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de la población zoque de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Avances en Seguridad Alimentaria y Nutricional*, 4(1).

- Castañeda-Rodríguez, R., Larrea, V., Hernando, I., & Ozuna, C. (2023). Cooking changes agave flower properties, including the bioaccessibility of bioactive compounds. *International Journal Of Gastronomy And Food Science*, 32, 100749. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100749>
- Cuarto Poder Chiapas. (2023, 17 de febrero). Anuncian la Feria de la Flor de Cuchunuc. <https://www.cuartopoder.mx/gente/anuncian-la-feria-de-la-flor-de-cuchunuc/439653>
- Cuervo-Jiménez, A., Narváez-Solarte, W., & Christine, H. V. (s. f.). Características forrajeras de la especie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, Fabaceae. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682013000100003
- Da Silva Santos, B. R., Silva, E. F. R., Minho, L. A. C., Brandão, G. C., Santos, A. M. P. D., Santos, W. P. C. D., Silva, M. V. L., & Santos, W. N. L. D. (2019). Evaluation of the nutritional composition in effect of processing cassava leaves (*Manihot esculenta*) using multivariate analysis techniques. *Microchemical Journal*, 152, 104271. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104271>
- Das, G., Sharma, A., & Sarkar, P. K. (2022). Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes. *Applied Food Research*, 2(1), 100112. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100112>
- D'Amelia, V., Sarais, G., Fais, G., Dessì, D., Giannini, V., Garramone, R., Carputo, D., & Melito, S. (2022). Biochemical Characterization and Effects of Cooking Methods on Main Phytochemicals of Red and Purple Potato Tubers, a Natural Functional Food. *Foods*, 11(3), 384. <https://doi.org/10.3390/foods11030384>
- El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024. (2024). En FAO; IFAD; WHO; WFP; UNICEF; eBooks. <https://doi.org/10.4060/cd1254es>
- Enciclopedia Agro. (s. f.-b). Cacahuananche. Recuperado de https://enciclopediagro.org/index_php/indices/indice-flora-y-fauna/317-cacahuananche/
- Ghanati, K., Oskoei, V., Rezvani-Ghalhari, M., Shavali-Gilani, P., & Mirzaei, G. (2024). Oxalate in plants, amount and methods to reduce exposure; a systematic review. *Toxin Reviews*, 43(3), 411–422. <https://doi.org/10.1080/15569543.2024.2344493>

- Gordillo, A. (2024, 22 mayo). Oxalatos. *Clínica Medicina Integrativa*.
<https://www.medicinaintegrativa.com/oxalatos>
- Harlis, W. O., Malik, N., Luvita, L., & Resman, R. (2023). Effects of gamal leaf extract (*Gliricidia sepium* Jacq.) on body weight and internal organ performance of mice (*Mus musculus* L.). *JURNAL PIJAR MIPA*, 18(6), 938-944. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i6.5730>
- Ibarrola-Rivas, M. J., & Galicia, L. (2017). Rethinking Food Security in Mexico: Discussing the Need for Sustainable Transversal Policies Linking Food Production and Food Consumption. *Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía*, 94. <https://doi.org/10.14350/rig.57538>
- Issa, J. Y., Onyango, A., Makokha, A. O., & Okoth, J. (2019). Effect of Boiling and Wet Frying on Nutritional and Antinutrients Content of Traditional Vegetables Commonly Consumed in Malawi. *Journal Of Food Research*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n1p19>
- Judprasong, K., Charoenkiatkul, S., Sungpuag, P., & Thanasukarn, P. (2006). Effects of domestic cooking methods on the soluble and insoluble oxalate content of vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 401–406.
- Jadhav, H. B., Badwaik, L. S., Annapure, U., Casanova, F., & Alaskar, K. (2023). A Review on the Journey of edible flowers from farm to consumer's plate. *Applied Food Research*, 3(2), 100312. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100312>
- Judprasong, K., Charoenkiatkul, S., Sungpuag, P., Vasanachitt, K., Nakjamanong, Y. (2005). Total and soluble oxalate contents in Thai vegetables, cereal grains and legume seeds and their changes after cooking. *Journal Of Food Composition and Analysis*, 19(4), 340-347. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.002>
- Kalpanadevi, V., & Mohan, V. (2012). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of the underutilized legume, *Vigna unguiculata* (L.) Walp subsp. *unguiculata*. *LWT*, 51(2), 455-461. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.030>
- Kam, A. H., Li, W., Bahorun, T., & Neergheen, V. S. (2023). Traditional processing techniques impacted the bioactivities of selected local consumed foods. *Scientific African*, 19, e01558. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01558>

- Leyva-Trinidad, D., Pérez-Vázquez, A., Da Costa, I. B., & Giordani, R. F. (2020). El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México. *Polibotánica*, 0(50). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.16>
- Linus Pauling Institute. (2023). Oxalates and human health. Oregon State University. <https://lpi.oregonstate.edu/mic/food-beverages/oxalates>
- Liu, T., Zhen, X., Lei, H., Li, J., Wang, Y., Gou, D., & Zhao, J. (2024). Investigating the physicochemical characteristics and importance of insoluble dietary fiber extracted from legumes: An in-depth study on its biological functions. *Food Chemistry X*, 22, 101424. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101424>
- Lobefaro, S., Piciocchi, C., Luisi, F., Miraglia, L., Romito, N., Luneia, R., Foti, S., Mocini, E., Poggiogalle, E., Lenzi, A., & Donini, L. M. (2021). Cooking techniques and nutritional quality of food: A comparison between traditional and innovative ways of cooking. *International Journal Of Gastronomy And Food Science*, 25, 100381. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100381>
- López Díaz, K. N., Velasco, G., & Cruz Cabrera, B. (2023). Sostenibilidad y seguridad alimentaria en las familias productoras agrícolas del municipio de Santiago Minas, Sola de Vega, Oaxaca. In C. A. Ken Rodríguez & M. P. A. Mora Cantellano (Eds.), *Migración, mercados de trabajo y educación. Inclusión social en la gestión territorial* (pp. 475-490). Universidad Nacional Autónoma de México.
- López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., & Miguel, M. (2022). Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? *Journal Of Functional Foods*, 89, 104938. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>
- Maurya, P. K., Singh, V. K., Singh, S., Kumar, M., Dube, M. K., & Rai, J. P. (2022). Effect of traditional cooking methods on the nutritional and anti-nutritional components of food: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 125, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.05.014>
- Mallapu, P. (2017). MEDICINAL PROPERTIES OF *Gliricidia sepium*: A REVIEW. *International Journal of Current Pharmaceutical & Clinical Research*, 7, 35-39.

- Marak, M. K., & Wani, A. M. (2018). Monitoring of Vegetative and Floral Characters of *Gliricidia sepium*. *International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences*, 7(09), 1576-1582. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.189>
- Moorthy, P., Rajan, M., Sathyanarayanan, S., Muniyandi, K., Sivaraj, D., Sasidharan, S. P., & Thangaraj, P. (2018). Effect of different cooking methods of *Hibiscus surratensis* L. leaf vegetable on nutritional, anti-nutritional composition, and antioxidant activities. *Journal Of Culinary Science & Technology*, 18(1), 13-28. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1502110>
- Mulík, S., Hernández-Carrión, M., Pacheco-Pantoja, S. E., & Ozuna, C. (2024). Endemic edible flowers in the Mexican diet: Understanding people's knowledge, consumption, and experience. *Future Foods*, 9, 100374. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100374>
- NaturaLista Colombia. (s. f.). Matarratón (*Gliricidia sepium*). Recuperado de <https://colombia.inaturalist.org/taxa/163327-Gliricidia-sepium>
- Nyirenda, K. K. (2020). Toxicity Potential of Cyanogenic Glycosides in Edible Plants. En *Medical Toxicology*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91408>
- Orozco, A. (2022, 26 de febrero). Cuchunuc, ingrediente zoque que no pasa de moda. El Sie7e de Chiapas. <https://www.sie7edechiapas.com/post/cuchunuc-ingrediente-zoque-que-no-pasa-de-moda>
- Ortega-Marín, B. A., & González-Rosas, A. (2023). La seguridad alimentaria y la sostenibilidad medio ambiental de México. Una revisión. *Innovare Revista de Ciencia y Tecnología*, 12(2), 91-98. <https://doi.org/10.5377/innovare.v12i2.16612>
- Patel, A. S., Kar, A., Pradhan, R. C., Mohapatra, D., & Nayak, B. (2019). Effect of baking temperatures on the proximate composition, amino acids and protein quality of de-oiled bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) seed cake fortified biscuit. *LWT*, 106, 247-253. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.026>
- Perucini-Avendaño, M., Arzate-Vázquez, I., De Jesús Perea-Flores, M., Tapia-Maruri, D., Méndez-Méndez, J. V., Nicolás-García, M., & Dávila-Ortiz, G. (2024). Effect of cooking on structural changes in the common black bean (*Phaseolus vulgaris* var. Jamapa). *Heliyon*, e25620. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25620>

- Pore, S., Saha, A., & Roy, D. K. (2022). Dietary oxalate and its impact on human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1), 180–196. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1833206>
- Purohit, P., Rawat, H., Verma, N., Mishra, S., Nautiyal, A., Anshul, N., Bhatt, S., Bisht, N., Aggarwal, K., Bora, A., Kumar, H., Rawal, P., Kumar, A., Kapoor, R., Sehrawat, J., Rather, M. A., Naik, B., Kumar, V., Rustagi, S., . . . Gupta, A. K. (2023). Analytical approach to assess anti-nutritional factors of grains and oilseeds: A comprehensive review. *Journal Of Agriculture And Food Research*, 14, 100877. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100877>
- Pérez, J. A. E., & Ramírez, S. M. G. (2024). Antropología y seguridad alimentaria en Ocozocoautla, Chiapas: análisis cultural, político y social a través de las prácticas alimentarias. *Anales de Antropología*, 58(1), 105-116. <https://doi.org/10.22201/iaa.24486221e.2024.58.1.83934>
- Ramírez, AV, (2010). Toxicidad del cianuro. Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre. *Anales de la Facultad de Medicina* , 71 (1), 54-61.
- Rawat, K., Chongtham, N., & Bisht, M. (2015, enero). Processing techniques for reduction of cyanogenic glycosides from bamboo shoots. Ponencia presentada en el 10.º Congreso Mundial del Bambú, Damyang, Corea.
- Ruth, L. C. J. S., Eric-Kevin, B. G., Ange, K. G. K. N., & David, N. J. (2023). Evaluation of Acute Toxicity and Phytochemical Analysis of *Gliricidia sepium* and
- Saldaña Argüello, J., Molina López, M., Ramos, P., Aguilar Espinosa, K., Martínez Bolom, M., Munguía, E., Caballero-Roque, A., Ramos Cruz, V., & Rodríguez Tlayuhua. (2017). Sabores y saberes de los Zoques en Tuxtla Gutiérrez. [ISBN 978-607-543-029-4].
- Silva-Rivera, E., Lascrain, M., & Peralta, A. (2016). Cocina y biodiversidad en México. *Biodiversitas*, (126), 1–7.
- Suksathan, R., Rachkeeree, A., Puangpradab, R., Kantadoung, K., & Sommano, S. R. (2021). Phytochemical and nutritional compositions and antioxidants properties of wild edible flowers as sources of new tea formulations. *NFS Journal*, 24, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.06.001>
- TRAMIL. (s. f.). *Gliricidia sepium*. Recuperado de <https://www.tramil.net/es/plant/gliricidia-sepium>

- Vela-Gutiérrez, G., López, A. A. V., Pascacio, V. G. T., López, D. G. V., García, E. L., & De la Cruz Medina, J. (2021). Effect of heat treatment on oxalate and hydrocyanic acid levels of malanga corms of two cultivars (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta*) in a murine model. *Journal Of Food Science And Technology*, 59(1), 220-227. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05004-9>
- Wesley, S. D., André, B. H. M., & Clerici, M. T. P. S. (2021). Gluten-free rice & bean biscuit: characterization of a new food product. *Heliyon*, 7(1), e05956. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05956>
- Xylopia aethiopica* Extracts. *European Journal Of Medicinal Plants*, 34(11), 1-9. <https://doi.org/10.9734/ejmp/2023/v34i111166>

ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODOS DE COCCIÓN

1.1. Agua en ebullición (Hervido)

Se pesaron 25 g de flor de cuchunuc, se sumergieron en 1 L de agua a 100 °C. Se hicieron tres lotes expuestos a tres tiempos, a 15, 30 y 45 min, posteriormente se retiraron y se colocaron en un bol con agua a 6 °C durante 3 minutos, para detener el proceso de cocción.

1.2. Con vapor

Se colocaron 25 g de flor de cuchunuc en una vaporera convencional, con capacidad de 1 L de agua, a una temperatura de 85 °C. en intervalos de tres tiempos, 15, 30 y 45 min. Transcurrido el tiempo, se sumergieron en un bol con agua a 6 °C para detener el proceso de cocción de las muestras.

1.3. Horneado

Para este procedimiento, se pesaron 25 g de flor de cuchunuc, se colocaron en un horno eléctrico convencional a 180 °C en charolas cubiertas con papel aluminio, los tiempos de cocción considerados son los descritos previamente. Finalizada la cocción, las charolas se colocaron en una cama de hielo para detener el proceso.

ANEXO 2. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE AOAC INTERNATIONAL (2019)

2.1. HUMEDAD

Se trituro 5 g de muestra y se colocó en las cajas de petri en la estufa de secado durante 12 a 24 h para obtener el peso constante. Se calculó el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra (Ecuación 1) y los resultados se reportaron en base seca.

$$\%Hum = \left[\frac{Pm - (P1 - Po)}{Pm} \right] \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

2.2. CENIZA

Se colocó 5 g de muestra molida en crisoles, se colocaron sobre parrillas de calentamiento y se tomó la muestra carbonizada y se colocó en la mufla a una temperatura de 600°C hasta que la muestra adquirió un color blanco. Se pesaron los crisoles y los resultados se reportaron en base seca, los resultados se calcularon con la ecuación 2.

$$\%Cen = \left[\frac{(Pf - Po)}{Pm} \right] \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.3. GRASA

Se colocó 5 g de muestra seca dentro de un cartucho de celulosa, se añadió hexano y se extrajo la grasa de la muestra por 16 h. Se colocaron los matracos balón con muestra de grasa hasta obtener peso constante, cuando se evaporó en solvente se pesó. Los resultados se reportaron en base seca y fueron calculados con la ecuación 3.

$$\%ExtractoEtereo = \left[\frac{(Pf - Po)}{Pm} \right] \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.4. PROTEÍNA

Se colocó 100 mg de muestra seca en un matraz Micro-Kjeldahl de 30 ml, se agregó 2 g de catalizador Micro-Kjeldahl y 2 ml de ácido sulfúrico, se colocó en el digestor hasta volverse transparente, la solución resultante se destiló y se tituló con HCL. Los resultados se reportaron en base seca y se calcularon con la ecuación 4.

$$\%N \text{ Total} = \frac{14.007(\text{mL de HCL} - \text{mL HCL blanco (N ácido)}) \times 100}{\text{mg de muestra}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

2.5 FIBRA

Se Pesó 1 g de muestra y se colocó en un vaso de Berselius, se adicionó 30 mL del reactivo S-K. y se hirvió por 30 min. Se Filtró en caliente a través del embudo y se lavó el residuo con acetona hasta obtener la decoloración. Los resultados se reportaron en base seca y fueron calculados con la ecuación 5.

$$\%Fibra = \frac{(P1 - P0)(100)}{Pm} \quad (\text{Ecuación 5})$$

2.6 CARBOHIDRATOS (ELN)

Los resultados se reportaron en base seca y se calculan por diferencia de 100 con la ecuación 6.

$$\text{ELN} = 100 - \% \text{ cenizas} - \% \text{ humedad} - \% \text{ extracto etéreo (grasa)} - \% \text{ fibra cruda} - \% \text{ Proteína cruda} \quad (\text{Ecuación 6})$$

ANEXO 3. CUANTIFICACIÓN DE OXALATOS

La cuantificación de estos compuestos se realizó mediante titulación de los extractos con una solución de KMnO_4 de 0.05 N. Se hirvieron 2 g de cada una de las muestras en 40 mL de agua durante 30 min en un condensador de reflujo, posteriormente se agregó 10 mL de Na_2CO_3 y se hirvió durante otros 30 min. El líquido sobrenadante se filtró, los residuos sólidos se disolvieron en HCl (1:1), y se adicionaron tres gotas de fenolftaleína. El porcentaje de ácido oxálico se calculó con la ecuación 7. (R. Olajide *et al.*, 2011)

$$\text{Ácido oxálico (\%)} = \text{Valor del título} \times 0.00225/2 \quad (\text{Ecuación 7})$$

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE CIANURO (HCN)

El contenido de ácido cianhídrico se determinó por espectrofotometría, con un espectrofotómetro de matriz de diodos UV-Vis (Agilent, modelo 8453) a 510 nm. Se calculo (ppm o mg HCN/kg muestra) multiplicando la absorbancia obtenida por 396.

Se tomó 0.1 g de cada una de las muestras, se colocó una tira de papel picrato amarillo en tubos de ensayo, junto con la muestra y se mantuvo tapado. Se dejó reposar durante 24 h a temperatura ambiente se pipetearon 5 mL de agua destilada en cada uno de los tubos y se dejaron reposar durante 30 minutos con agitación ocasional (R. Olajide *et al* 2011). El contenido total de cianuro se obtuvo con base en la ecuación 8.

$$\text{Contenido total de cianuro} = 396 \times \text{Absorbancia (ppm) o mg} \quad (\text{Ecuación 8})$$

ANEXO 5. FIGURAS

Contenido nutricional de la flor de cuchunuc en crudo y después de cada técnica de cocción.

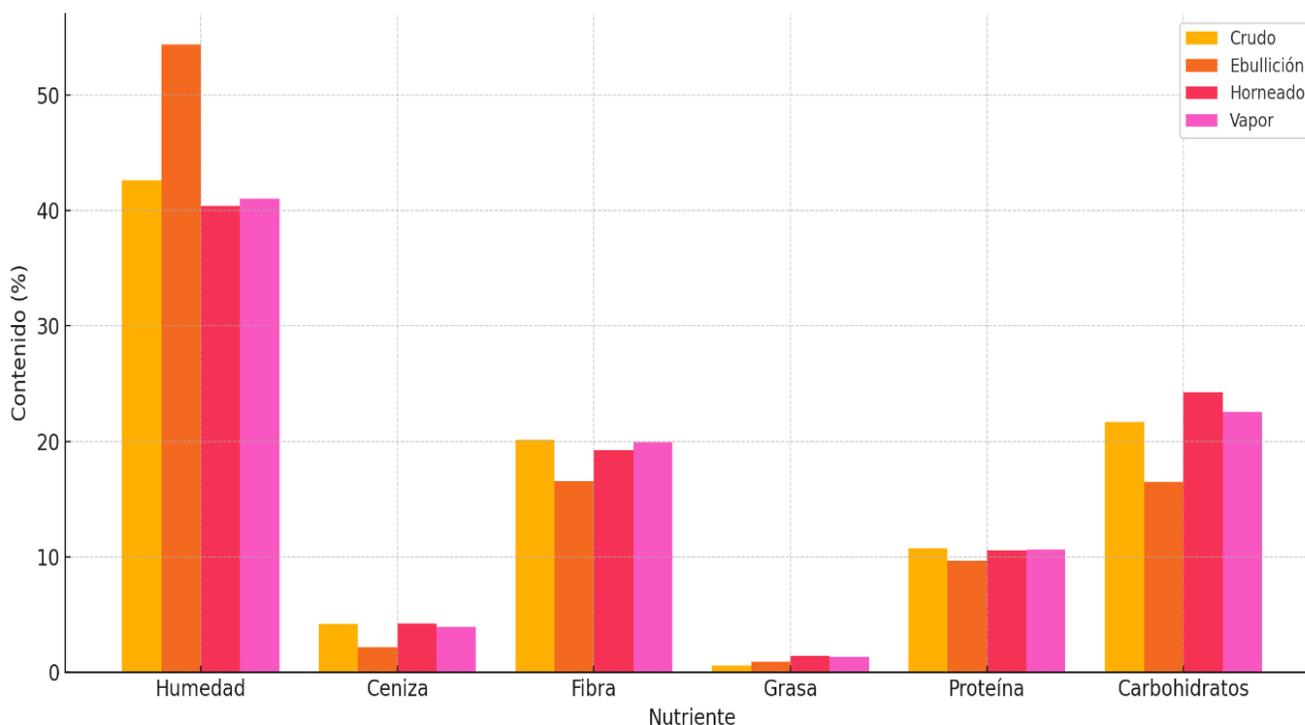


Figura 3. Los valores representan el contenido porcentual de cada nutriente en la flor de cuchunuc, según la técnica de cocción aplicada. Los datos provienen del análisis de oxalatos, presentados en la tabla 1, (p.20); donde se detalla el análisis estadístico de los datos y las diferencias significativas entre los tratamientos.

5.2. OXALATOS

Contenido promedio de oxalatos por tratamiento

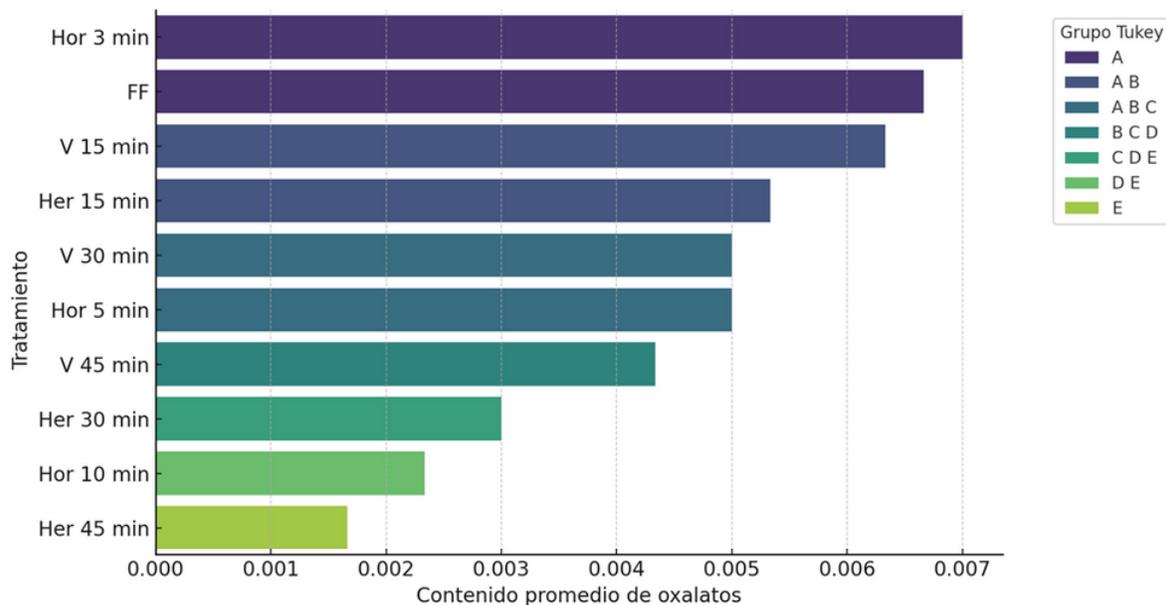


Figura 4. Contenido promedio de oxalatos por tratamiento térmico, con agrupaciones de Tukey, las barras representan el contenido promedio de oxalatos en la flor de chuchunuc tras diferentes tratamientos térmicos. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los datos provienen del análisis de Oxalatos, presentados en la Tabla 2, (p. 23), donde se detallan los resultados estadísticos y las comparaciones entre tratamientos. Abreviaturas: FF = Flor fresca; V = Vapor; Her = Hervido; Hor = Horneado

5.3. CIANURO (HCN)

Contenido de cianuro por tratamiento

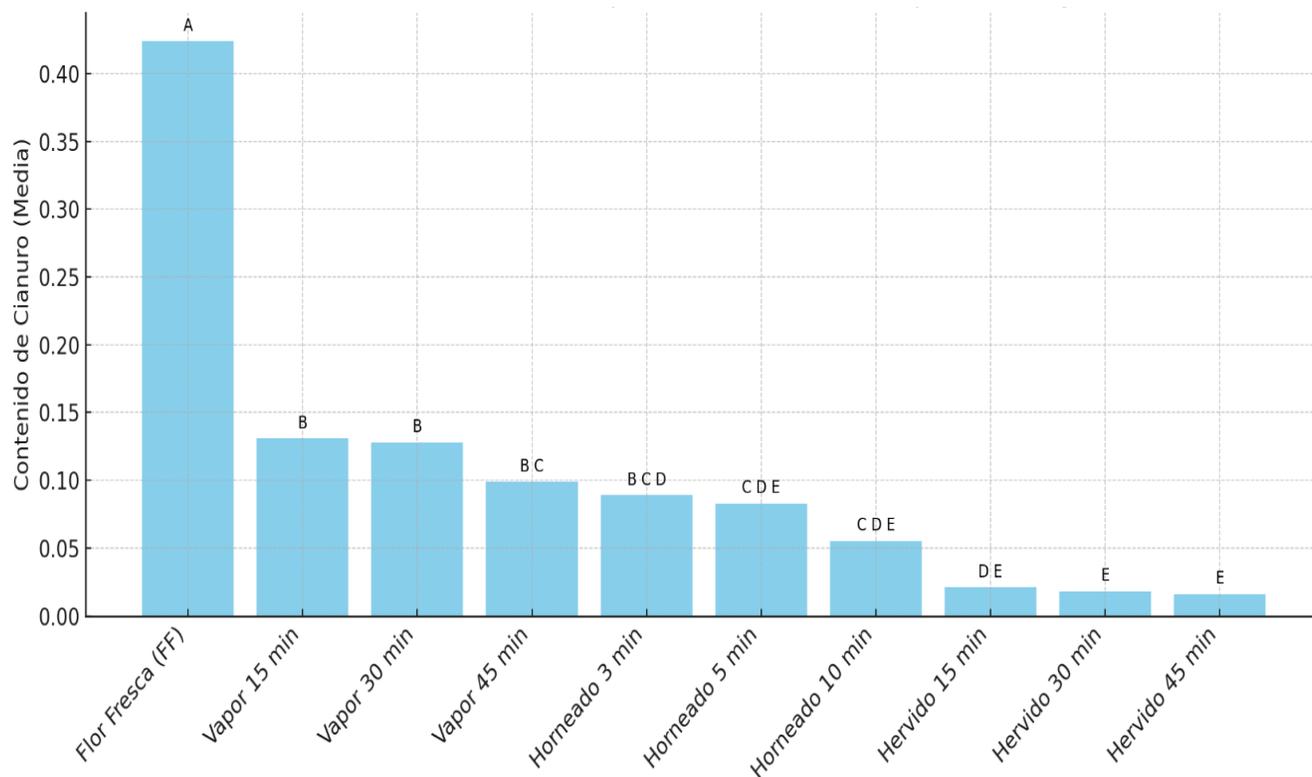


Figura 5. Contenido de cianuro por tratamiento con grupos de Tukey, las barras representan la media del contenido de cianuro en la flor de cuchunuc sometida a distintos tratamientos térmicos. Las letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los datos provienen del análisis de Oxalatos, presentados en la Tabla 2, (p. 25), donde se detallan los resultados estadísticos y las comparaciones entre tratamientos. Abreviaturas: FF = Flor fresca sin tratamiento.

Diagrama de evaluación de los efectos de los métodos de cocción

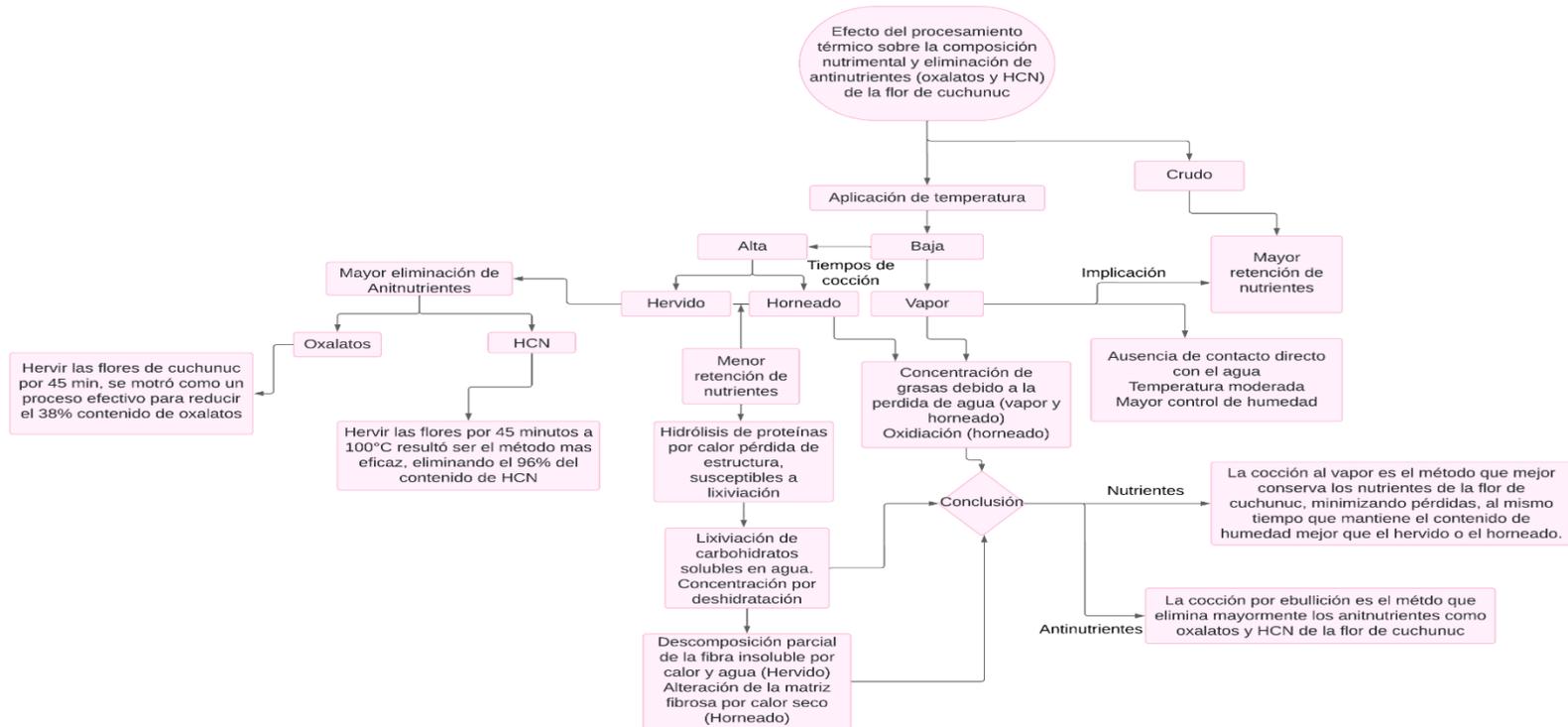


Figura 6. Diagrama de evaluación de los efectos de los métodos de cocción sobre la composición nutricional y eliminación de anti nutrientes (Oxalatos y HCN) en la flor de cuchunuc

ANEXO 6. EVIDENCIAS

6.1. QUÍMICO PROXIMAL

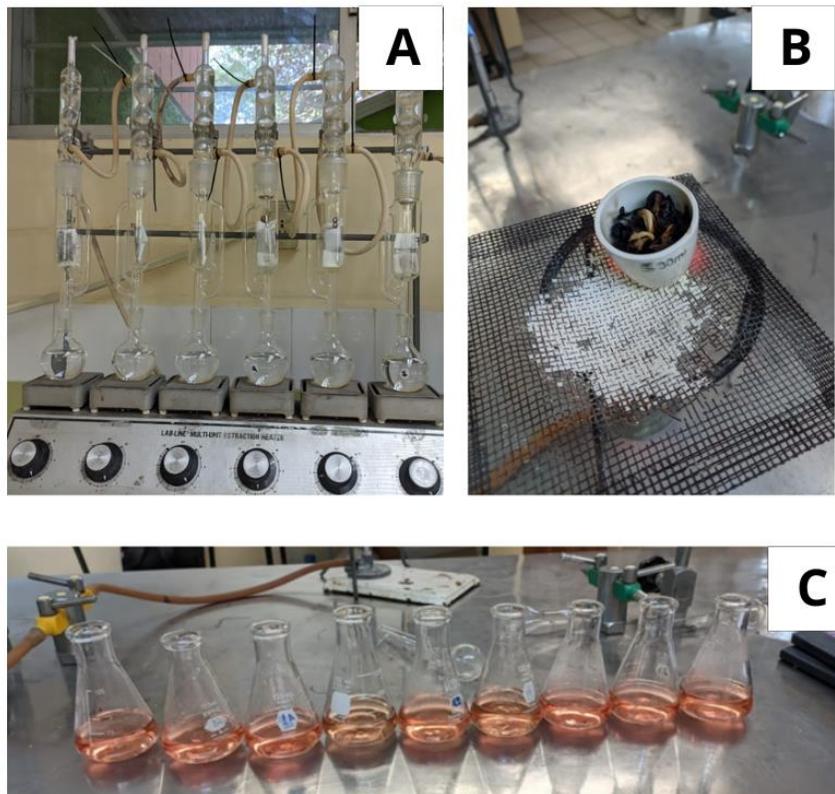


Figura 7. Procesos analíticos en la evaluación de la flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*).

(A) Sistema Soxhlet utilizado para la extracción de lípidos en el análisis de grasa cruda. (B) Muestra de flor en cápsula de porcelana sobre rejilla metálica, durante el proceso de calcinación para la determinación de cenizas totales. (C) Soluciones resultantes del análisis de proteínas totales. Todos los procedimientos se realizaron con base en metodologías estándar para análisis químico proximal.

6.2. OXALATOS

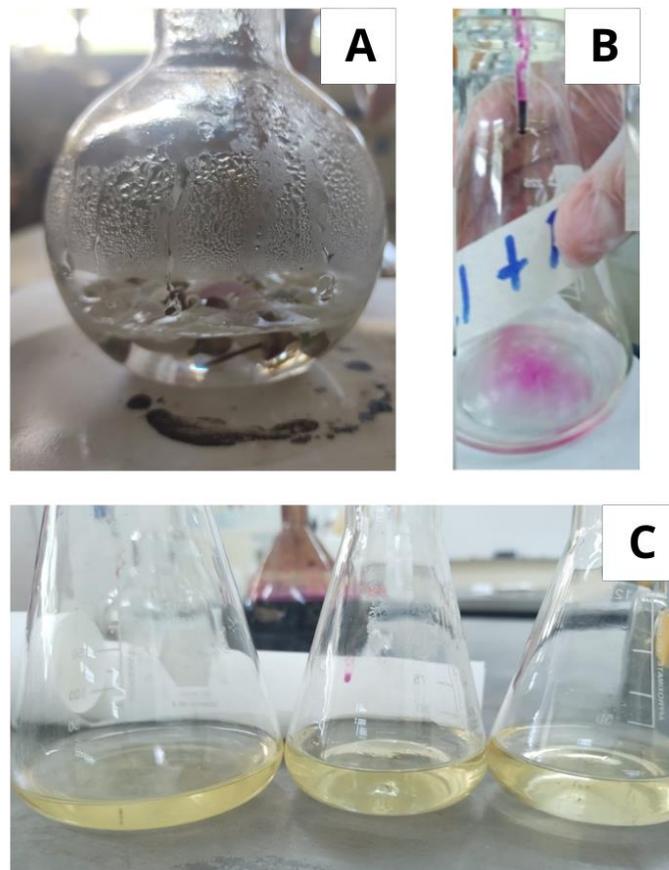


Figura 8. Determinación de oxalatos en flor de cuchunuc. (*Gliricidia sepium*). (A) Ebullición de la muestra en un condensador de reflujo. (B) Titulación del extracto con permanganato de potasio (KMnO_4 0.05 N), (C) Complejo coloreado tras la adición de fenolftaleína como indicador. El contenido de ácido oxálico fue determinado según el volumen de titulante consumido. Procedimiento realizado en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF), con base en la metodología de Olajide et al. (2011).

6.3 CIANURO (HC)

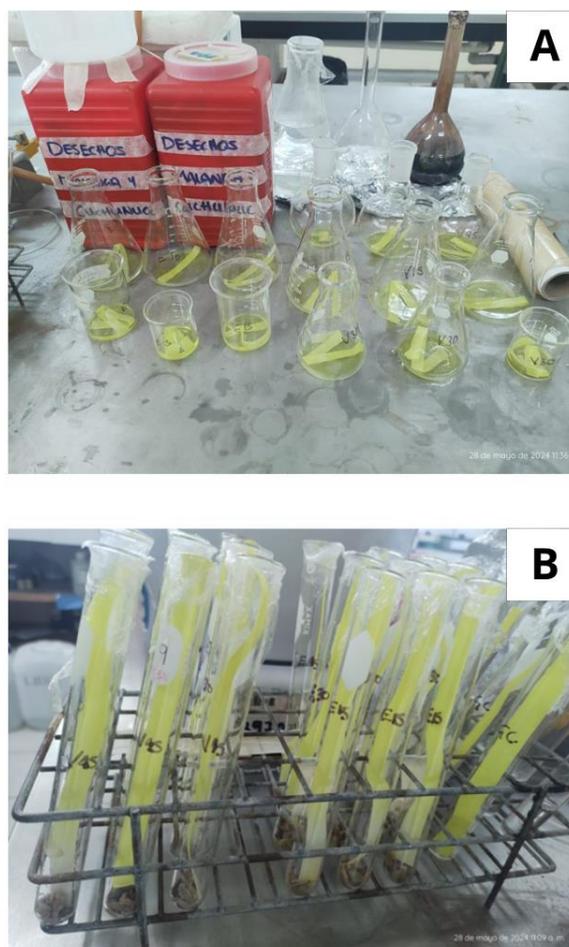


Figura 9. Proceso de preparación de tiras de papel picrato para la determinación de ácido cianhídrico (HCN). (A) Preparación y marcado de frascos Erlenmeyer y tubos de ensayo con tiras de papel impregnadas con solución de picrato de sodio. (B) Almacenamiento de los tubos de ensayo preparados con las tiras indicadoras para su uso en la cuantificación de HCN mediante espectrofotometría. Las tiras reaccionan con el gas liberado por la muestra, cambiando de color según la concentración del compuesto. Procedimiento realizado en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, según metodología de Olajide *et al.* (2011)