

Extractos proteicos en la flor del plátano: un estudio preliminar de su uso como biomateriales de interés en la industria de alimentos.

José Gregorio Moscote Brun

Sandra Salas Acuña

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. ECBTI.

Programa de Química

Barranquilla

Diciembre 2022

Extractos proteicos en la flor del plátano: un estudio preliminar de su uso como biomateriales de interés en la industria de alimentos.

José Gregorio Moscote Brun

Sandra Salas Acuña.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Químico

Director

Mara Isabel Orozco Solano, MSc, PhD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. ECBTI.

Programa de Química

Barranquilla

Diciembre 2022

Dedicatoria

A Dios, mi familia, mi madre y hermanas que me mostraron su apoyo incondicionalmente para la consecución de este nuevo logro.

José Gregorio Moscote Brun.

A mi familia, mis amigos del alma y, en especial a mi hermana, un ser lleno de luz, por haber estado ahí cuando los necesité.

Sandra Salas Acuña.

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a la UNAD por darnos la oportunidad de formarnos y haber brindado las herramientas para ser profesionales en el área de la Química.

Agradecemos también a nuestra asesora de tesis PhD Mara Isabel Orozco Solano por habernos dado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haber tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar también agradecemos a todos los compañeros que estuvieron presentes durante todo el desarrollo de los cursos, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado a nuestras ganas de progresar con el objetivo de avanzar en nuestra carrera profesional.

José y Sandra

Resumen

El proyecto monográfico pretende realizar una revisión bibliográfica integradora de los procesos de extracción de matrices proteicas en la flor del plátano para ayudar a identificar los parámetros que influyen en la obtención de extractos proteicos en esta matriz vegetal y, de esta manera, conocer su viabilidad en un uso productivo y deje de convertirse en un residuo sin uso específico, como sucede actualmente (Guerra O., Beltrán, Libreros K., 2015).

Inicialmente, se realizará un mapeo sistemático para revisar los criterios de inclusión en los artículos que se usarán para realizar la revisión bibliográfica integradora. El objetivo es mostrar un estado del arte que represente los trabajos investigativos en esta área de conocimiento, y que pueda usarse como documento de consulta para futuras investigaciones enfocadas en la obtención de extractos vegetales de residuos agrícolas en un uso productivo. Los estudios encontrados se clasificarán y analizarán teniendo en cuenta los criterios de evaluación definidos.

Para la selección de los artículos nos basaremos en palabras clave que mediante operadores booleanos nos permitirán hacer una selección eficaz de los documentos consultados en los que basaremos nuestra revisión bibliográfica.

Palabras claves: Extractos, Plátano, Flor, Proteínas, Residuos, Contaminantes, Aditivos

Abstract

The monographic project intends to carry out a bibliographic review of the extraction processes of protein extracts in the banana flower to help validate the parameters that influence the obtaining of protein extracts in this vegetable matrix to know its viability in a productive use and stop become waste without specific use, as is currently the case (Guerra O., Beltrán, Libreros K., 2015).

Initially, a systematic mapping will be carried out to review the inclusion criteria in the articles that will be used to carry out the bibliographic review. The objective is to show a state of the art that represents the investigative work in this area of knowledge, and that can be used to identify knowledge gaps from which new research can be formulated. The studies found will be classified and analyzed taking into account the defined evaluation criteria.

For the selection of the articles, we will base ourselves on keywords that, through Boolean operators, will allow us to make an effective selection of the documents consulted on which we will base our bibliographic review.

Keywords: Extracts, Banana, Flower, Proteins, Waste, Pollutants, Additives

Tabla de Contenido

Introducción.....	14
Planteamiento del Problema.....	18
Pregunta problema.....	20
Justificación.....	21
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Bases Teóricas.....	24
Antecedentes.....	24
Estado del Arte.....	26
Determinación de Proteínas.....	29
Marco Teórico.....	31
Residuos.....	35
Plátano.....	35
Taxonomía del plátano.....	35
Composición fisicoquímica del plátano.....	38
Partes del plátano.....	41
Cultivo del Plátano.....	46
Metodología.....	50
Análisis e Interpretación de Resultados.....	52
Criterios de Análisis y Selección Bibliografía.....	52

Criterios de inclusión	55
Criterios de exclusión	55
Procesos de extracción de extractos proteicos para la flor del plátano.....	64
Métodos de caracterización y purificación de extractos vegetales.....	77
Parámetros que influyen en la obtención de extractos vegetales de la flor de plátano.....	77
Efecto antimicrobiano de extractos vegetales.....	78
Efecto antioxidante de extractos vegetales.....	78
Extractos proteicos vegetales obtenidos para uso comercial.....	80
Impacto de los Extractos Proteicos Obtenidos para Uso Comercial.....	81
Conclusiones.....	83
Trabajos Futuros.....	85
Referencias bibliográficas.....	86

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas.....	19
Figura 2. Siembra de plátano en Colombia.....	31
Figura 3. Producción mundial de plátano en 2013.....	41
Figura 4. Estructura química de la Galocatequina, principal compuesto antioxidante de la cáscara de plátano.....	42
Figura 5. Partes de la planta de plátano.....	43
Figura 6. Cormo de la planta de plátano.....	44
Figura 7. Inflorescencia del plátano.....	45
Figura 8. Partes de la planta de plátano.....	49
Figura 9. Fases fenológicas del cultivo de plátano.....	54
Figura 10. Extracción desde matriz vegetal usando diferentes métodos de extracción.....	66
Figura 11. Métodos de extracción en matrices vegetales.....	71
Figura 12. Equipo de campo eléctrico pulsado.....	74
Figura 13. Equipo de ultrasonido y sus partes.....	75
Figura 14. Unidad de extracción con fluido supercrítico.....	76
Figura 15. Grafica de un extractor con microondas.....	77
Figura 16. Estructura molecular de los flavonoides.....	79

Lista de tablas

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de la flor del plátano.....	19
Tabla 2. Composición de los residuos de plátano en muestras de 100 gramos.....	26
Tabla 3. Composición fisicoquímica de las brácteas del plátano.....	27
Tabla 4. Composición del contenido mineral de las brácteas del plátano en 100 gramos de muestra.....	27
Tabla 5. Composición del contenido de vitaminas de las brácteas del plátano en 100 gramos de muestra.....	28
Tabla 6. Composición de compuestos fitoquímicos de las brácteas del plátano en muestras de 100g.....	28
Tabla 7. Composición del plátano fresco por 100 g de sustancia comestible.....	37
Tabla 8. Exigencias nutricionales del cultivo de plátano.....	39
Tabla 9. Aspectos de la metodología prisma.....	47
Tabla 10. Perfil de aminoácidos de flores de banano de dos cultivares (cvs Baxijiao y Paradisiaca).....	55
Tabla 11. Palabras claves y operadores booleanos usados en el estudio.....	59
Tabla 12. Operador Booleano.....	60
Tabla 13. Artículos seleccionados.....	61
Tabla 14. Perfil de aminoácidos de flores de banano de dos cultivares (cvs Baxijiao y Paradisiaca).....	69

Lista de anexos

Anexo 1. Resultados Bibliográficos de la base de datos Scopus.....	88
Anexo 2. Resultados Bibliográficos de la base de datos Scielo.....	89
Anexo 3. Resultados Bibliográficos de la base de datos ScienceDirect.....	89
Anexo 5. Resultados bibliográficos de la base de datos Dialnet.....	88
Anexo 4. Resultados Bibliográficos de la base de datos Redalyc.....	89
Anexo 6. Resultados Bibliográficos de todas las bases de datos.....	90

Lista de acrónimos

Abreviatura	Significado
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
AOAC	Association of Official Analytical Chemists Asociación de químicos analíticos oficiales.
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. Elementos preferenciales para informar sobre revisiones sistemáticas y metaanálisis.
TCA	Ácido tricloroacético
DE	Electroforesis dimensional
HVED	Descargas eléctricas de alta tensión
PEF	Campo eléctrico pulsado
US	Ultrasonido
DIC	Caída de presión controlada instantánea
UV	Ultravioleta
CCC	Cromatografía a contracorriente

CPC	Cromatógrafos de partición centrífuga
MAE	Extracción Asistida por Microondas
PLE	Extracción Líquida Presurizada
SFE	Extracción de Fluido Supercrítico

Introducción

El plátano es una fruta tropical originada en el suroeste asiático, perteneciente a la familia de las musáceas. Las dos especies más conocidas en nuestro medio son: la *musa paradisíaca* que corresponde al plátano para cocción, y la *musa sapientum* o banano. El aprovechamiento de los subproductos como la flor del plátano, objeto de este trabajo, se refiere a la primera de estas especies. (Roldán et al., s. f.) Su cultivo posee una gran importancia socio-económica dentro de las especies vegetales, como indica el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en asociación con otras entidades nacionales e internacionales. El presente trabajo muestra alternativa que ayudará a resolver la problemática que afronta el cultivo del plátano a nivel nacional e internacional. (*Alianza SIDALC*, s. f.).

Cuando se cosecha el racimo de plátano, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa (Belalcázar C. et al., 1991), quedando un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, puesto que en la mayoría de los casos son incinerados o vertidos a los cauces receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema.

En este sentido, los residuos o subproductos en los que se focalizó el presente proyecto fue la flor del plátano; sobre la flor del plátano se sabe que es rica en fitoquímicos, vitaminas, flavonoides, proteínas. También posee propiedades antioxidantes que previenen los radicales libres y controlan posibles daños en las células y los tejidos. Su extracto ha sido evaluado en células en línea HeLa para contrarrestar el cáncer cervical (Nadumane y Timsina, 2014). El extracto en etanol de la flor del plátano ha sido utilizado para controlar los efectos antihiperlipidémicos lo cual puede detener la aparición de enfermedades como la diabetes (Ramu et al., 2017).

Se ha encontrado que la flor del plátano es rica en proteínas, las cuales contienen una alta capacidad antimicrobiana sobre todo para contrarrestar las bacterias gram negativas y gram positivas [Sitthiya et al., 2018].

En algunos países orientales se comercializa la flor del plátano como alimento (deshidratado, en curry o enlatado en salmuera). En Filipinas se utiliza como ingrediente principal de algunos platos vegetarianos como el “Sisig” de flor del plátano (Salvador, 2018). También se ha utilizado como adición para mejorar las capacidades nutritivas y de fibra en galletas (Elaveniya y Jayamuthunagai, 2014). En Bitaco, Valle del cauca se desarrolló un proyecto de carne para hamburguesa a partir de la base de bellota o flor de plátano (Mera, 2012). John et al. (2014) estudiaron el modelo matemático que mejor se ajustara a la deshidratación de finas capas de flor del banano entre los 40° C y 60° C.

En busca de un aprovechamiento diferente, el objetivo de la presente monografía fue realizar una revisión bibliográfica sobre los extractos proteicos de la flor del plátano con el fin de construir un documento académico que sirva de respaldo para futuras investigaciones a investigadores, productores, y academia, que les permita revisar los parámetros de extracción, cantidades y demás aspectos nutricionales de esta matriz vegetal.

En los últimos años se han realizado trabajos relacionados con el plátano y proceso de extracción. En el 2015, se realizó uno acerca la composición de los residuos del plátano, otro similar, analizó la composición aproximada de minerales vitaminas y compuestos fotoquímicos. En cuanto a la determinación de proteínas, en el 2013 en su estudio, Da silva determinó proteínas por el método Bradford, en el 2009 Pandey realizó la determinación de proteínas por el método Kjeldahl. En el año 2008, Echeverría estableció semejanza entre dos métodos de extracción, como son el método Dumas y Kjeldahl para conocer el de mayor precisión al momento de

determinar la mayor concentración de N y S en la muestra de la planta. Ribotta, 2008, también analizó el contenido proteico en una muestra vegetal concluyendo que hay más presencia en ciertas partes de la planta de plátano que en otras. Estudios como estos, son las bases del presente trabajo investigativo el cual sigue una línea similar.

Es importante destacar que no existe aún investigaciones amplias al interés fisicoquímico y nutricional de la flor del plátano, si existen hoy en día, avances desde el enfoque fotoquímico para esclarecer los compuestos bioactivos de la flor del plátano y sus cualidades nutricionales.

Este estudio pretende aportar en la investigación de las propiedades nutricionales de la flor del plátano, realizando un estudio preliminar de los extractos proteicos de este subproducto, para enfocar su uso en la industria de alimentos. Para explicar y mostrar de una forma adecuada los objetivos y enfoque del presente estudio, este se dividió en capítulos.

En el capítulo I se aborda el marco teórico teniendo como base el cultivo de plátano y sus generalidades. Así como también la importancia de extractos vegetales dentro de la industria alimenticia.

En el capítulo II se muestra los métodos de caracterización fisicoquímica que permiten determinar la composición de la flor del plátano.

En el capítulo III se relacionan los métodos de extracción usados para la determinación de cantidad proteica y se explica el método de Bradford dando sus cualidades para ser usado como el método óptimo para determinar cuantitativamente proteína en fuentes vegetales.

En el capítulo IV se evalúa el método de extracción de proteína usando una combinación de solventes en proporción adecuada como lo son acetona/ácido tricloroacético.

En el capítulo V se muestran las variables críticas que existen en todo proceso de extracción como lo son el pH y la temperatura. En el proceso de obtención de un extracto

proteico se tienen en cuenta una serie de parámetros, como lo afirma Arango, O. et al., (2012), los cuales son el tipo de solvente, el tiempo de exposición, el pH, la relación cantidad de muestra volumen de solvente, entre otros, que permiten separar la proteína en una forma más eficiente.

En el capítulo VI se llega a las conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta después de realizado este estudio.

Planteamiento del Problema

Es conocida que la producción o cultivo de plátano es de mucha importancia para la economía del país o zona donde se cultive, sin embargo, después de la producción, entre los desechos generados está la llamada “bacota” o flor del plátano. (Guerra O. et al 2015). La flor al no ser el fruto de la planta en sí, es considerada desecho y desperdiciada subvalorando sus posibles facultades nutritivas.

Otras partes como la cáscara del fruto es descartada como desecho después que son usadas las partes internas de la fruta, constituyéndose por tanto en una amenaza para el ambiente, especialmente para los lugares donde es frecuente su consumo (Osma, Herrera y Couto, 2007).

Cuando se cosecha el racimo, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa (Belalcazar C. et al., 1991), quedando de un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, principalmente en regiones de alta producción como la del departamento del Magdalena y Antioquia; puesto que en la mayoría de los casos son incinerados o vertidos a los cauces receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema; aunque, algunos productores le dan un buen uso a la biomasa, aprovechando los residuos en la plantación en forma de abono verde y alimentación animal (Vidal F.I., et al., 2001).

Omole, Ajasin, Olukun y Obi (2008) reportaron que la cáscara tiene el potencial de reemplazar el almidón de maíz en la dieta de animales como el caracol, mientras que las brácteas (flores), tallos de la fruta y hojas muchas veces son dejadas en las fincas como desechos. La tabla 1 muestra algunas de las propiedades de la flor del plátano.

Tabla 1*Propiedades fisicoquímicas de la flor del plátano.*

Parámetro	Flor del plátano fresca
Actividad del agua	0.92±0,001
Humedad (g/100g)	88.75±1,17
Proteína cruda (g/100g en bs)	21,01±0,10
Grasa cruda (g/100g en bs)	6,02±0,31
Fibra cruda (g/100g en bs)	20,31±1,38
Ceniza total (g/100g en bs)	8,74±0,11
Calcio (mg/g en bs)	3,42±0,13
Hierro (mg/g en bs)	0,13±0,12

Fuente: Wickramarachchi y Ranamukhaarachchi, 2005.

Figura 1*Árbol de problemas.*

Fuente: Autoría propia.

Pregunta Problema

¿Cuál sería el impacto en la industria de alimentos de uno de los desechos del plátano como la flor, al conocer su fuente nutricional?

Justificación

Según la FAO, el aumento de la población mundial significa que la tierra cultivable por habitante disminuye constantemente; según lo sugiere V. Susana et al. (2012) se debe enfocar la atención en los residuos agrícolas, ya que se pueden usar de una forma ambientalmente regulada para que sean utilizados como materia prima para generar otros productos. Por eso se hace necesario e importante buscar formas de aprovechamiento. Para lograr esto, se debe buscar su caracterización, conocer su composición y la calidad de sus componentes.

Siendo el plátano un producto que se produce en alta proporción en el departamento del Atlántico se requiere que se aprovechen al máximo los residuos de su cosecha que hasta ahora no están siendo utilizadas y que en muchos casos son vertidos al medio ambiente generando contaminación. Una forma de aprovechamiento es el caso de los extractos de proteínas vegetales que se han convertido en una herramienta valiosa para la elaboración de una amplia variedad de productos. En vista de la necesidad de manejo de residuos y aumento en las demandas de investigación en alimentación animal y humana, este estudio propone determinar el contenido proteico en extractos proteicos de la flor de plátano para su posible utilización en alimento humano.

Además, según lo anota Arango, O. et al., (2012) la disponibilidad en grandes cantidades de fuentes proteicas vegetales, su menor costo comparado con la proteína de origen animal y la tendencia a reducir la ingesta de proteínas animales por razones de salud, hace que en los últimos años se esté produciendo un gran desarrollo en los procesos de extracción y mejora de estas proteínas vegetales para su uso en alimentación humana.

En este sentido, obtener extractos proteicos de la flor de plátano se considera de importancia económica para el país. En especial en la zona del departamento del Atlántico, es necesario puesto que esta parte de la planta se constituye en un residuo de alto impacto en el

ambiente. En países como Colombia, Ecuador, Paraguay, India, México y Panamá, se generan residuos principalmente de la actividad agrícola, debido a una alta actividad económica en torno a este sector. En el caso de Colombia, en procesamiento de productos como: café, palma de aceite, caña de azúcar y panelera, maíz, arroz, banano y plátano se obtiene una producción de 14.974.807 t/año y se producen alrededor de 71.943.813 t/año de residuos que en la gran mayoría de los casos son incinerados o llevados a rellenos sanitarios (Cháves, 2016)

Colombia por su gran biodiversidad cuenta con un importante potencial para generar productos con valor agregado que permitan registrar nuevos ingresos y alcanzar desarrollos biotecnológicos significativos para el país (Melgarejo; 2003; Castro, 2014). Por esto, se han realizado diversas investigaciones a nivel nacional con base en el aprovechamiento y la recuperación de los residuos agroindustriales. Estos residuos, dependiendo de su procedencia y de su composición pueden ser reutilizados para generar productos para el consumo humano y animal, producción de energías renovables, obtención de biocombustibles y algunos productos químicos, así como recuperadores de la tierra o abonos (Yepes et al., 2008).

Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio preliminar, basado en una revisión bibliográfica integradora, del contenido nutricional de la flor del plátano a partir del reconocimiento de las propiedades de los extractos proteicos de la flor de esta planta y, además, identificar sus aplicaciones en la industria de alimentos.

Objetivos específicos

Establecer criterios de análisis y selección bibliográfica sobre los procesos de extracción de extractos proteicos empleando los tres parámetros iniciales de la metodología Prisma.

Exponer los procesos de extracción a los que se puede someter la flor del plátano para la obtención de extractos proteicos mediante la revisión de artículos con técnicas de extracción vegetal.

Revisar algunos de los parámetros como la temperatura y el pH, su influencia en la obtención de extractos vegetales y cómo estos son empleados para mejorar su aprovechamiento.

Identificar los impactos del uso de extractos proteicos como biomateriales en la industria alimentaria mediante la revisión bibliográfica de los últimos años.

Bases Teóricas

Antecedentes

Se han realizado algunos estudios para investigar las actividades cancerígenas, antimicrobianas y antioxidantes de los extractos de la flor del plátano. En el estudio de (Naduname & Timsina 2014), la actividad anticancerígena del extracto de flor de plátano se evaluó en la línea celular de cáncer de cuello uterino. Se encontró que los extractos de la flor combaten el crecimiento de bacterias patógenas y también pueden inhibir el crecimiento bacteriano de la malaria. También se encontró que los extractos de cloroformo de la flor de plátano estabilizan los niveles de azúcar en la sangre. El contenido de antioxidantes en las flores de plátano previene la oxidación e inhibe que las moléculas desestabilicen el ADN el cual ayuda a prevenir enfermedades del corazón y derrames cerebrales. (Reddy, 2012)

La flor del plátano es desaprovechada, observándose que, al realizar el corte de las flores del plátano, durante el desarrollo del racimo, sólo es para ayudar al grosor de los racimos, y no se aprovecha en la alimentación humana

Se puede observar de acuerdo con estudios previos que la flor del plátano es altamente nutritiva pudiendo consumirse como verduras crudas o cocidas por algunas etnias en la región asiática (Krishnan & Sinija, 2016), sin embargo, el desconocimiento del alto valor nutricional de la flor de plátano y la carencia de estudios hacen que los agricultores desechen la flor.

En el estudio de Ramírez, S. et al (2021) se tuvo como objetivo explorar el uso potencial de la flor y el pseudo tallo del plátano como posibles nuevos ingredientes funcionales para valorizar estos subproductos en un contexto de economía circular, para esto hallaron la composición proximal. El estudio de Ramu R. (2016) se basa en una investigación de la actividad anti hiperglucémica in vivo de Umbelliferona (C1) y Lupeol (C2) aislada del extracto

de etanol de flor de plátano (EF) en modelo de rata diabética inducida por alloxan y concluyó que las complicaciones diabéticas características, como la hipercolesterolemia y la hipertriacilglicerolemia, también volvieron significativamente a la normalidad en el suero / hígado de ratas diabéticas.

En el estudio de Ramu, R. et al (2017) se analizó la evaluación de la composición nutricional y el cribado fitoquímico del pseudotallo del plátano y la flor abogando por esta fuente de alimento no convencional para el consumo rutinario, considerando sus diversos beneficios para la salud, para evaluar la composición de nutrientes próximos, ácidos grasos, minerales, perfil de aminoácidos y respuesta antioxidante global del pseudo tallo y la flor del plátano.

Sittyia, K. et al. (2018) usaron la extracción alcalina asistida por ultrasonidos de proteína de la flor de plátano se optimizó utilizando la metodología de superficie de respuesta. Las proteínas extraídas se caracterizaron por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier y la distribución del peso molecular se determinó por electroforesis en gel. Las proteínas extraídas mostraron efectos antibacterianos contra las bacterias gram positivas y gram negativas. El alto contenido de proteínas y la actividad antimicrobiana indican las aplicaciones potenciales de la flor de plátano en la industria de alimentos y piensos.

Okareh, O. et al (2015) encontraron que los residuos de plátano son ricos en fibra cruda, carbohidratos y cenizas y pueden servir como materiales basales o componentes de la alimentación animal. Las muestras de hojas y brácteas eran altas en proteína cruda, y pueden servir como fuente de proteínas para la alimentación animal si están biodisponibles. Los resultados mostraron que los residuos eran ricos en calcio, fósforo y hierro, y pueden ser una buena fuente de estos minerales.

Estado del Arte

Okareh *et al.*, 2015 en su estudio determinó la composición de los residuos de plátano (brácteas, cáscara y tallo de fruta y hojas) utilizando Standard Methods of Analyses de AOAC y espectrometría de absorción atómica método. Entre los resultados se encontró que los desechos contenían los siguientes componentes que muestra la tabla 2.

Tabla 2

Composición de los residuos de plátano en muestras de 100 gramos.

Componente	Contenido en muestras de 100 g
Humedad	9,39 y 9,53 g
Proteína cruda	0,73 y 1,83 g
Fibra cruda	8,10 y 15,50 g
Hidratos de carbono	54,00 y 68,00
Hierro	10.50 - 14.00 mg
Calcio	120.00 - 150.00mg
Fósforo	110,00 - 180,00 mg

Fuente: Okareh, O. 2015.

Por su parte, Okareh (2015) realizó trabajos apuntando a investigar la composición aproximada de minerales, vitaminas y compuestos fitoquímicos de las brácteas (flores de la planta de plátano). Los resultados de la composición se muestran en las siguientes tablas 3 y 4.

Tabla 3

Composición fisicoquímica de las brácteas del plátano.

Composición	Porcentaje
Humedad	9,53%
Ceniza	7,83%
Proteína Cruda	11,47%
Grasa Cruda	1,83%
Fibra Cruda	8,47%
Hidratos De Carbono	60,87%

Fuente: Okareh, O. 2015.

Tabla 4

Composición del contenido mineral de las brácteas del plátano en 100 gramos de muestra.

Contenido Mineral	Contenido en 100 g
Ca	135 mg / 100 g
Mg	18 mg / 100 g
P	151,67 mg / 100 g
K	40 mg / 100 g
Fe	14 mg / 100 g
Na	280 mg / 100 g

Fuente: Okareh, O. 2015.

En sus estudios encontraron que esta parte de la planta también contiene las vitaminas que muestra la tabla 5.

Tabla 5

Composición del contenido de vitaminas de las brácteas del plátano en 100 gramos de muestra.

Vitamina	Contenido en 100 g
Vitamina A	0,97 mg / 100 g
Vitamina B2 – riboflavina	0,5 mg / 100 g
Vitamina B1 – tiamina	0,2 mg / 100 g
Vitamina B3 – niacina	1,13 mg / 100 g
Vitamina C - Ácido ascórbico	8,17 mg / 100 g

Fuente: Okareh, O. 2015.

En cuanto a la composición fotoquímica los ensayos revelaron la presencia de compuestos bioactivos tales como muestra la tabla 6.

Tabla 6

Composición de compuestos fitoquímicos de las brácteas del plátano en muestras de 100g.

Compuesto	Contenido mg/100g
Alcaloides	24 mg / 100 g
Taninos	115 mg / 100 g
Flavonoides	145 mg / 100 g
Fenoles	4,5 mg / 100 g
Saponinas	563,33 mg / 100 g
Fitatos	46,67 mg / 100 g
Oxalatos	30 mg / 100 g

Fuente: Okareh, O. 2015.

Por tanto, es posible aseverar que los desechos de plátano pueden ser fuentes de nutrientes en la preparación de piensos, ya que son ricos en proteínas, fibra, contenido mineral

esencial y fitoquímicos. Esto dará lugar a una utilización adecuada de los desechos de plátano, así como representa una ayuda en la gestión de residuos sólidos (reducción de residuos), sosteniendo así el medio ambiente.

Determinación de Proteínas

En el estudio de Da Silva et al., 2013, la concentración de proteína total se determinó usando el método de Bradford, el cual se basa en la interacción entre el colorante azul brillante Coomassie BG-250 y las macromoléculas de proteína, las cuales contienen cadenas de aminoácidos básicas o aromáticas. En el pH de la reacción, la interacción entre la proteína de alto peso molecular y el colorante BG-250 causa un cambio en el equilibrio del colorante a la forma aniónica que absorbe bastante a 595 nm.

Según Pandey et al, (2008), la proteína es el componente más crítico en el valor nutricional de los alimentos, y entre los métodos usados para su determinación está el método de Kjeldahl, sin embargo, afirma que este proceso consume mucho tiempo y muestra; el método Bradford el cual es un método simple, rápido y sensible para estimar proteínas en extractos. El desarrollo del color se completa en 2 minutos y el color es estable por aproximadamente una hora, a diferencia del método de Lowry los iones metálicos como NH_4^+ , Na^+ , K^+ , fenol y carbohidratos no interfieren en este ensayo. El procedimiento se basa en la interacción de un colorante con la proteína.

Calvo, N., Echeverría, H., Sainz, H. (2005), en su investigación, querían establecer semejanzas entre la precisión del método de combustión seca de Dumas para la determinación de nitrógeno (N) y azufre (S) total en planta, respecto a los métodos tradicionales de digestión húmeda y su utilización en el diagnóstico de S en trigo. La determinación de N y S las realizaron en muestras de planta provenientes de cuatro experimentos de trigo conducidos durante la

campaña 2006 en el sudeste bonaerense.

Para la determinación del N total en planta las realizaron por dos metodologías. 1) Kjeldahl: digestión con ácido sulfúrico y el Método de Dumas, para lo cual se utilizaron un analizador TruSpec CN. El equipo fue calibrado utilizando como estándar una muestra de alfalfa con una concentración de 3,88 g N 100 g⁻¹ muestra vegetal.

El porcentaje de N recuperado por el método de Dumas fue similar al determinado por el método de Kjeldahl. Finalmente concluyen que, a pesar del mayor costo del equipo, por la mayor precisión y el menor tiempo de análisis, el método de Dumas representa una muy buena alternativa para ser utilizado rutinariamente en la determinación de la concentración de N y S en planta.

Ribotta et al, (2008), determinaron el contenido proteínico en *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana* y *Panicum coloratum*. La estimación del porcentaje de proteína bruta y su respectivo análisis estadístico fue determinada mediante el método Kjeldahl, en dos muestras de las hojas y los tallos por separado, para dos momentos de corte: marzo considerado como forraje no diferido y agosto como forraje diferido. Sus resultados y conclusiones fueron entre otras, que en ciertas partes presenta mayor cantidad de proteína bruta que en otras; en su artículo, por ejemplo, las hojas manifiestan mayor cantidad en comparación con el tallo.

Marco Teórico

El plátano pertenece a la familia de las Musáceas, son nativas del sudeste asiático, y comprende dos especies: *Musa Cavendish* (Bananos) y *Musa paradisíaca* (plátanos) (Gob.Est.Colima, 2005).

El plátano es uno de los productos básicos más importantes de la dieta alimentaria de la población más pobre de los países tropicales, ya que aporta cerca del 40% del total de la oferta de alimentos en términos de calorías. Además, su siembra constituye una importante fuente de

empleo e ingresos para pequeños productores en numerosos países en vías de desarrollo (Olmos, 2015).

La producción mundial de plátano fue en el año 2007, en el mundo se produjeron 33,9 millones de toneladas de plátano, de las que se comercializan internacionalmente más de 500.000. Su producción se concentra en los países de África, América Latina y el Caribe, dado que su hábitat natural es el trópico húmedo (Olmos, 2015). En la siguiente figura se muestra la imagen de una siembra de plátano.

Figura 2

Siembra de plátano en Colombia.



Fuente: Agrotendencias.tv.s.f

La mayor parte de la producción mundial de plátano está destinada a suplir el consumo interno de los países y tan sólo el uno por ciento es comercializado en los mercados internacionales para satisfacer la demanda de los consumidores de origen latino y africano (Olmos, 2015).

A Colombia fue traído específicamente a la zona del Darién, en la Costa Caribe, de donde se expandió a lo largo de la costa pacífica; otra teoría acerca de la llegada del cultivo de plátano a Colombia, la asocian con los padres dominicos quienes tenían grandes extensiones de tierra 25

aprovechando la humedad de la rivera del río Orinoco en los llanos orientales, y en municipios específicos como San Martín de Meta. (Díaz, A. 2014).

El cultivo de plátano en Colombia representa cerca del 50% del área sembrada en el país con cerca de 500 mil hectáreas cultivadas, y aunque es un fruto que se da en todo el territorio colombiano, su producción es principalmente para el consumo interno. Según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para 2017 el principal productor fue el departamento de Antioquia con un total de 61.000 hectáreas sembradas, seguido por Arauca, Quindío, Córdoba y Valle del Cauca.

Históricamente el plátano ha representado uno de los alimentos más importantes en la dieta de los colombianos, pues desde la época en la que habitaban únicamente los pueblos originarios este fruto era uno de los más consumidos. Actualmente, en los territorios habitados por los grupos étnicos del país se concentra en gran medida el cultivo de plátano por encima de otros alimentos, alcanzando el 40% de sus áreas sembradas. (El campesino.co, 2019).

Para el 2020, la producción y las áreas sembradas de plátano se incrementaron en un 2% y 1% respectivamente, llegando a las 4.279.833 toneladas de producción en 460.807 hectáreas sembradas de este cultivo. Para el 2021, la producción alcanzará cerca los 4,4 millones de toneladas en aproximadamente 465 mil hectáreas. (Minagricultura, 2021)

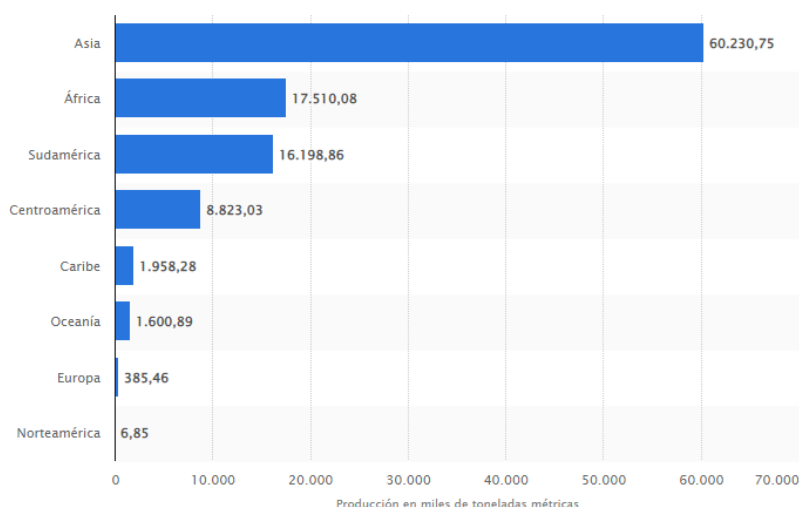
El rendimiento promedio por hectárea nacional se ha incrementado en los últimos años, pasando en el año 2007 de 7,9 ton/ha a 10ton/ha para el año 2020. Colombia presenta un rendimiento superior que la media mundial que para el año 2018 se calculó en 7 ton/ha. Para el año 2021, se espera que el promedio de rendimiento por hectárea sea igual a la registrada en el 2020, de 10ton/ha. (Minagricultura, 2021).

Los principales países exportadores de banano son Colombia, Ecuador, Venezuela, Costa

Rica y República Dominicana. Colombia es el principal proveedor de plátano en los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea. La producción de plátano para exportación se concentra en la región del Urabá, aunque recientemente productores del Quindío han enviado muestras de plátano dominico hartón hacia Venezuela, Puerto Rico y Gran Bretaña. En la siguiente figura se evidencia la producción del plátano a nivel mundial.

Figura 3

Producción mundial de plátano en 2013



Fuente: Statista 2015.

En Colombia el plátano es uno de los productos alimenticios más importantes a nivel nacional, ya que participa con el 6,8% del total de la producción agrícola, ocupando el quinto lugar después del café, la caña de azúcar, la papa, y las flores (Meek, 2001).

De acuerdo con Agronet, en los últimos años (2010-2014) la producción de plátano ha aumentado cerca de las 3.467.000 toneladas anuales, igual sucede con las áreas cosechadas, las cuales han estado por encima de las 390.000 hectáreas, y con el rendimiento por hectárea, en cerca de ocho toneladas anuales (Agronet, 2016).

Las variedades cultivadas a nivel nacional son dominico hartón, dominico, hartón,

pelipita y cachaco o popocho (Espinal, 2006); y su distribución geográfica depende de las condiciones agroecológicas a las cuales se adaptan las distintas variedades. Así, el plátano hartón se cultiva en las zonas cálidas ubicadas entre 0 y 1.000 msnm; el dominico hartón en las regiones ubicadas entre los 1.000 y 1.600 msnm. El plátano cachaco se cultiva principalmente en las regiones donde se producen los plátanos dominico hartón y dominico y el plátano pelipita en los Llanos Orientales.

En gran parte del país, la producción de plátano, de acuerdo con el volumen producido, se dedica a la comercialización local, nacional o a la exportación, con excepción de la del colono que es producida por pequeños productores y que se destina principalmente para el autoconsumo y la alimentación animal (Olmos, 2015).

En el departamento del Atlántico, de las variedades cultivadas comercialmente en el país, los plátanos hartones y dominico hartón presentan el mayor potencial para el procesamiento, debido a que el clima cálido en el cual se producen favorece el desprendimiento de la cáscara, labor que resulta bastante dispendiosa al procesar el producto.

La producción de plátano, como la de cualquier otro bien agrícola, presenta un componente estacional; este producto, usualmente, presenta una oferta abundante entre mayo y septiembre, para los meses de enero a abril y de octubre a diciembre, la oferta del producto disminuye en algunos departamentos productores. Por sus condiciones agroecológicas en el departamento del Atlántico se encuentra cultivada la variedad Hartón. Según Agronet, 2016, en este mismo departamento se reportaron cifras de Área sembrada de 672 Ha, un área cosechada de 406 Ha, un rendimiento anual de 7.90 t/ha y una producción anual de 3.206 toneladas (t, producción expresada en Fruto fresco) con la cual la costa Atlántica contribuye con el 0.1% de la producción nacional (Agronet, 2016).

Residuos

Los residuos agrícolas son aquellas partes derivadas del cultivo de diferentes especies vegetales, particularmente durante la cosecha, que no son destinadas al consumo. Se incluyen en esta categoría materiales como tallos, hojas, cáscaras, cortezas, vainas, semillas, rastrojos, etc., que provienen de cereales (arroz, maíz, trigo, cebada), café, cacao, té, frutas (banano, mango, coco, piña), legumbres (tomate, soya, fréjol), algodón, y palma aceitera entre otros. (Singh nee' Nigam P. y A. Pandey, 2009). Por sus constituyentes los residuos agrícolas pueden emplearse de diferentes maneras generando beneficios económicos y ambientales. (Singh nee' Nigam P. y A. Pandey, 2009; Mäkinen T. et al, 2010).

Para aprovechar las sustancias activas de una planta, se recurre frecuentemente a los extractos. El proceso de extracción consiste en incorporar las sustancias activas de una planta a un solvente, que generalmente suele ser agua o alcohol; se puede realizar en frío o en caliente, y el producto resultante puede ser una solución concentrada o espesa en función de la sustancia de origen, o espesarse por propio interés en base a la aplicación que se le vaya a dar.

Plátano

Es una planta herbácea perenne, pues tras la fructificación sus partes aéreas mueren, éstas son reemplazadas por los nuevos retoños que crecen desde su base.

De acuerdo con los estudios realizados sobre el origen del plátano, sus orígenes se ubican en Asia meridional, siendo conocido en el mediterráneo desde el año 650 D.C. La especie llegó a canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en el año 1516. El cultivo comercial se inicia en XIX y principios del siglo XX. Las más antiguas referencias relativas al cultivo del plátano proceden de la India, donde aparecen citas en la poesía épica del budismo primitivo de los años 500-600 antes de Cristo. (González, L. 2017).

Taxonomía del Plátano. Según Pereira & Maraschin,(2015) muestran que Carl Von Linné, el padre de la taxonomía moderna, clasificó las especies de banano como *Musa x paradisiaca* L. y *Musa x sapientum* L; en realidad, los bananos difieren solo en su disposición ploidía y actualmente la mayoría de los taxonomistas bananeros parecen estar de acuerdo en que se puede dar un sólo nombre científico a todos los plátanos comestibles, es decir, *Musa* spp.

Son grandes hierbas perennes que alcanzan una altura de 2 a 9 m en la madurez, según la variedad (Nyombi, 2020). Sus raíces se exhiben en grupos de tres o cuatro situándose sobre la base del cilindro central, su fisonomía es de un cordón alargado, con un color blanquecino cuando las raíces aún son jóvenes sin embargo con el tiempo cambian a amarillo oscuro. El sistema radicular es adventicio, el diámetro de las raíces varía según el cultivar, puede tener entre 5 y 8 mm y algunas veces llegan a medir hasta 10 mm. La longitud está en rangos de 3 y 5 metros. (Galan et al., 2018) Su verdadero tallo se sitúa en el subsuelo y es denominado generalmente como cormo, sin embargo, el término correcto para ser mencionado botánicamente es rizoma (Cox Quiñonez, 2019) alrededor del cormo principal aparecen yemas laterales o también denominados “hijuelos” (Chiriboga Espinosa, 2018).

Su pseudotallo tiene forma de un cilindro de donde aparecen las hojas de manera espiral. (Márquez Centeno, 2019) En la tabla siguiente se muestra la clasificación taxonómica del plátano:

Tabla 7*Clasificación taxonómica del plátano.*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musáceo
Género	Musa
Especie	M. paradisica

Fuente: Pescorán, Y. (2018).

Según Lau et al., (2020) la inflorescencia del banano consta de un eje principal, en este eje se encuentran ubicados los conjuntos de flores en hileras, en forma de espiral, en el cual se encuentran cojines en sentido antihorario, un cojín con su grupo de flores brotan de la axila de una bráctea y el grupo está encaminado tangencialmente al contacto con el eje principal de la inflorescencia, como mínimo tres flores están ubicadas en la axila de cada bráctea y si las flores son copiosas se muestran en filas dobles, en donde la superior es la más antigua lo que provoca que sus flores maduren antes que las de la anterior fila. Los plátanos son frutas tropicales de plantas herbáceas de origen asiático, pertenecientes al género Musa. Mientras las bananas pertenecen a especies tales como Musa sapientum y Musa cavendishii, los plátanos son de la especie Musa paradisíaca. Los plátanos son alimentos extremadamente acuosos, y por lo tanto, voluminosos: cerca de las dos terceras partes de las mismas son agua. (J. Ly, 2004).

De acuerdo con lo que anota Barrera, L. et al (2011) en su libro sobre el cultivo de

plátanos, desde el punto de vista fisiológico, la planta de plátano presenta las características especiales que despiertan el interés científico de estudios en esta disciplina. Como especie perenne debe pasar por una etapa de desarrollo que le permite construir el sistema de raíces para los procesos de absorción, y las hojas para la asimilación (fotosíntesis). Una vez formadas estas estructuras almacena carbohidratos y otras sustancias en los cormos para la emisión de rebrotes, la floración y el llenado posterior de los frutos. La planta debe formar simultáneamente el área foliar y las raíces necesarias para mantener un balance continuo con el desarrollo de estos órganos. Debe regular sus procesos fisiológicos para mantener el crecimiento vegetativo y producir frutos simultáneamente. En el cultivo de plátano, es necesario que las labores agronómicas sean oportunas al igual que las condiciones ambientales externas favorables para alcanzar altos rendimientos. En la figura se muestra el crecimiento vegetativo de la planta.

Composición Fisicoquímica del Plátano. La pulpa del plátano como muchos frutos es susceptible al pardeamiento cuando se expone al oxígeno, fenómeno relacionado con niveles de antioxidantes (polifenoles); el pardeamiento enzimático en los tejidos ha sido atribuido a la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PFO) responsable del desarrollo de un color café por oxidación de los mismos (García, Giraldo, Hurtado & Mendivil 2006). La concentración de polifenoles es menor en la pulpa verde y se incrementan hasta el estado sobre maduro debido a la pérdida de actividad de la enzima polifenol oxidasa (Cayón et al., 2000).

El plátano contiene altas cantidades de compuestos fenólicos totales y flavonoles. Estos compuestos dan sabor astringente al plátano inmaduro. (Hfosaludintegral, 2017).

El almidón es el carbohidrato predominante en el fruto verde, mientras que en estado maduro presenta mayor contenido de azúcares invertidos. La fibra en la pulpa del fruto tiene bajas concentraciones y no cambian su concentración durante la maduración. El ácido

predominante del plátano es málico y en menor proporción cítrico y oxálico cuyos niveles se incrementan pasando del estado verde con 0.7 % a 1.5 % en estado maduro (Cayón et al, 2000).

En la tabla 8 se pueden observar los porcentajes de su composición.

Tabla 8

Composición del plátano fresco por 100 g de sustancia comestible.

Componente	Contenido por 100g de sustancia comestible	
Agua		75,7
Proteínas		1,1
Lípidos		0,2
Carbohidrato	Total (g)	22,2
	Fibras (g)	0,6
Vitaminas	A (UI)	0,06
	B1 (mg)	0,05
	B2 (mg)	0,06
	B6 (mg)	0,32
	Ácido nicotínico (mg)	0,6
	Ácido pantoténico (mg)	0,2
	C (mg)	10
Otros compuestos orgánicos	Ácido málico (mg)	10
	Ácido cítrico (mg)	150
	Ácido oxálico (mg)	6,4

Sales minerales	Sodio (mg)	1
	Potasio (mg)	420
	Calcio (mg)	8
	Magnesio (mg)	31
	Manganeso (mg)	0,64
	Hierro (mg)	0,7
	Cobre (mg)	0,2
	Fósforo (mg)	28
	Azufre (mg)	12
	Cloro (mg)	125

Fuente: Cayón, C. et al, 2000.

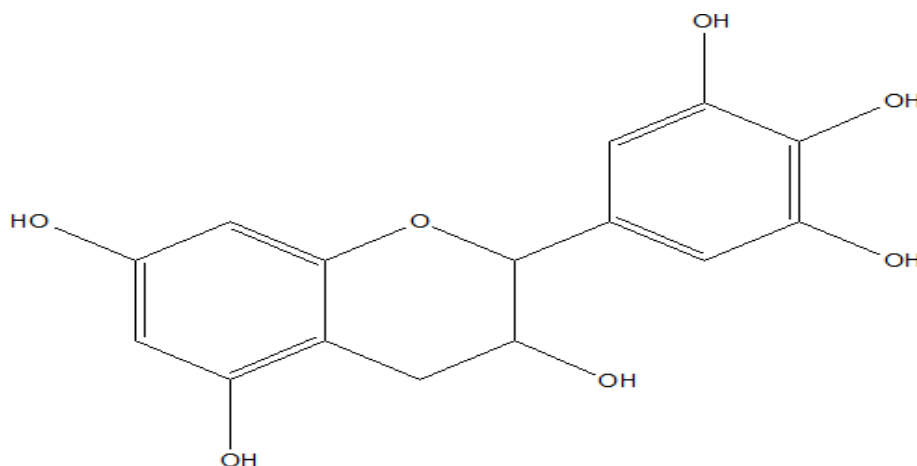
Las principales clases de flavonoides detectados en los plátanos son los flavonoles, que incluyen quercetina, miricetina, kaempferol y cianidina. Muchos investigadores han documentado los beneficios para la salud de los flavonoides presentes en ellos. Los flavonoides actúan como depuradores protectores contra los radicales libres derivados del oxígeno y las especies de oxígeno reactivo (ROS) responsables del envejecimiento y diversas enfermedades. (Hfesaludintegral, 2017).

La cáscara de plátano se considera una fuente natural de compuestos antioxidantes para la elaboración de alimentos funcionales con efecto en contra de enfermedades del corazón, así como el cáncer. Actualmente los estudios se han focalizado en el aislamiento, caracterización y utilización de antioxidantes naturales, la mayoría de los compuestos antioxidantes presentes en frutas y verduras provienen de compuestos como la vitamina C, vitamina E y β -caroteno; el plátano es uno de los frutos más consumidos a nivel mundial y se sabe que su pulpa, así como su

cáscara contienen varios antioxidantes como la galocatequina como se observa en la figura 4.

Figura 3

Estructura química de la Galocatequina, principal compuesto antioxidante de la cáscara de plátano.



Fuente: Someya, A. et al, 2002.

Partes del Plátano. Tomando la revisión realizada por Solís, A. (2007), se puede anotar que la planta de plátano corresponde a un cormo subterráneo erecto con ramificaciones monopodiales. En su ápice se encuentra anidado el punto vegetativo o meristemo apical, que contiene toda la información genética de la planta, su forma está influenciada por la textura y estructura del suelo, su tamaño no excede los 30 cm, tanto horizontal como vertical. En la siguiente figura 5 se puede observar las principales partes de la planta de plátano.

Figura 4

Partes de la planta de plátano.



Fuente: Agrotendencias.tv.s.f

Siguiendo con la descripción de Solis, A. (2007), se observa que el verdadero tallo de la planta es un órgano subterráneo que sólo sobresale del suelo en la época de floración. Se trata de un importante órgano de almacenamiento, formado por un cilindro central rodeado de un córtex protector del que emergen las raíces, hojas, flores y los retoños (hijos) que continúan la vida de la planta. Interiormente, el cormo presenta dos regiones bien diferenciadas: el cilindro central y la corteza, que es de color más claro. En la parte superior del cormo y atravesando la corteza, está el punto de crecimiento donde su diferenciación da origen a las hojas y desarrollo externo de la planta. Este tallo emite ramificaciones laterales denominadas retoños o hijos. El pseudotallo

del plátano mide 2-5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas. Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilíndricos distribuidos en manos de racimos de 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro. En la siguiente imagen 6 se puede observar un cormo de la planta de plátano.

Figura 5

Cormo de la planta de plátano.



Fuente: Agrotendencias.tv.s.f.

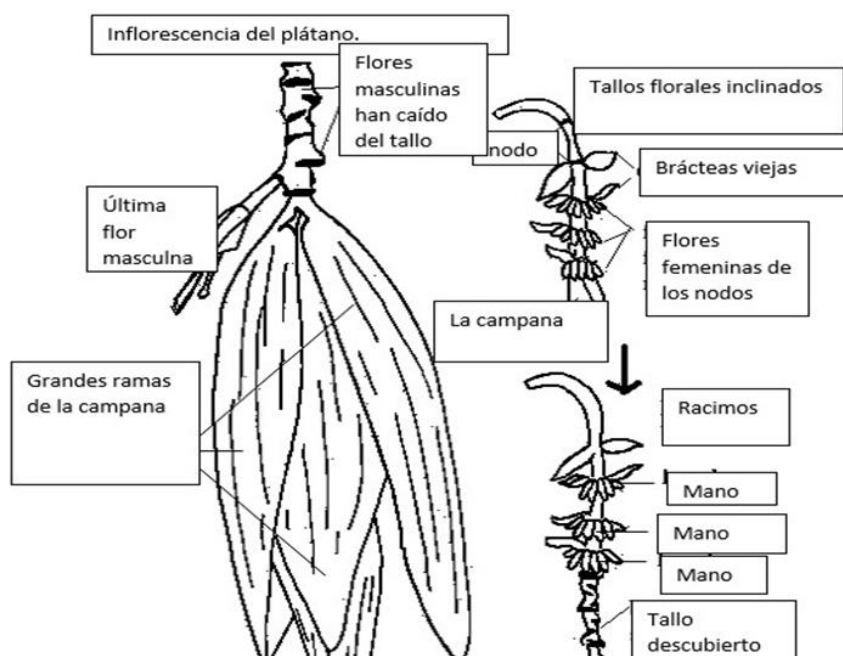
En Solis, A. (2007), también se describe el meristemo, el cual se encuentra situado en el ápice de la cabeza, determina desde muy joven la producción de hojas que poseen, una parte basal bien desarrollada, la vaina foliar. Sucesivamente aparecen hojas cuya vida media varía entre 100 y 200 días siguiendo un dispositivo helicoidal. Estas hojas primero tienen forma de escamas (sin limbo desarrollado), luego son lanceoladas (limbo estrecho), y al final son hojas normales (con limbo bien desarrollado), cada vez con mayor longitud de limbo y también anchura durante gran parte del periodo vegetativo. Las raíces principales emergen de la

superficie externa del cilindro central, son gruesas y carnosas y se ramifican lateralmente, los pelos radiculares son los responsables de la absorción del agua y nutrientes, la mayoría exploran el suelo a una profundidad de 20-30 cm y en un radio de 2-3 m bajo la mayor parte de las condiciones de suelos. La emisión de raíces es continua durante el periodo vegetativo, cesando en la floración.

La inflorescencia es bastante compleja; a lo largo del eje se hallan dispuestas en hélice, cada bráctea cubre un grupo de flores desprovistas de bráctea individual y situadas en dos filas en pares (se le llama ‘mano’ al conjunto de frutos de estas dos hileras). Las brácteas se levantan, se enderezan una a una por el mismo orden de formación, se repliegan y caen sucesivamente.

Figura 6

Inflorescencia del plátano.



Fuente: Solórzano, A. 2012.

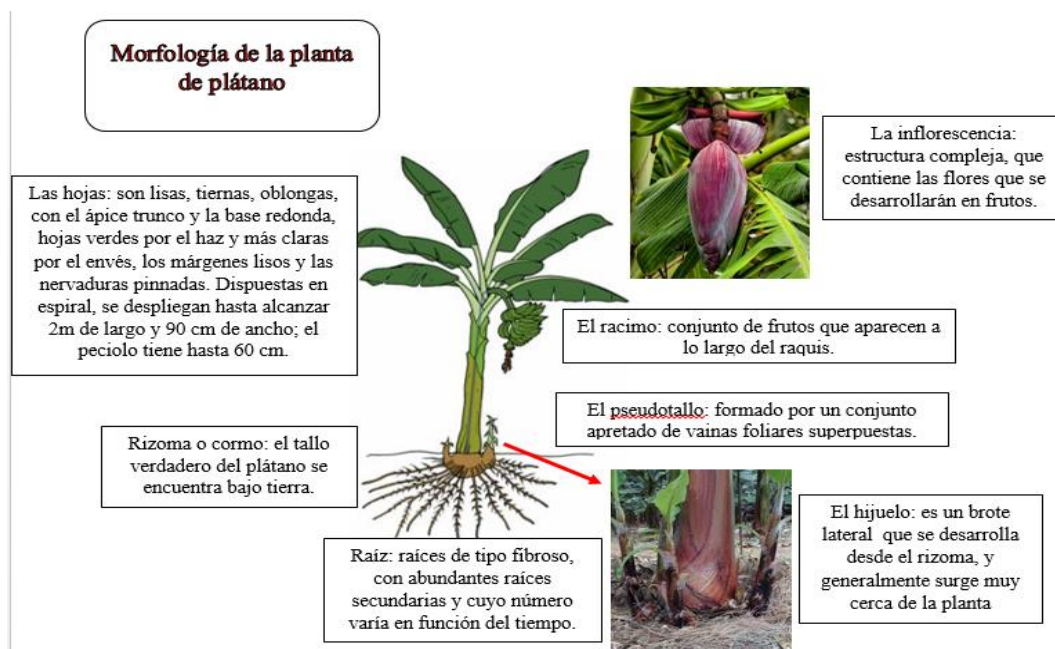
El extremo apical de los frutos apunta primero hacia el suelo, pero estos se reincorporan rápidamente tomando su posición definitiva con el ápice hacia arriba. Las yemas (ojos) que dan

origen a los retoños (hijos) teóricamente una por cada hoja adulta, emergen lateralmente, casi perpendiculares a la superficie de la cabeza; luego su extremo tiende a enderezarse para aparecer en la superficie del suelo. Dando un corte longitudinal a la cepa, se observa que el cilindro central del hijo se une directamente al cilindro central de la planta madre. Estos retoños repiten la totalidad del ciclo continuando así la vida de una plantación. (Solís, A. 2007).

En la figura 8 se puede observar la morfología de una planta de plátano, la cual está formada por el sistema radical, el tallo y sus yemas, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo. Su sistema radicular está conformado por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas, la mayor parte se desarrollan entre los 20 a 60 centímetros del suelo. (Belalcazar y Rosales 2001.)

Figura 7

Partes de la planta de plátano.



Fuente: Solórzano, A. 2012.

Cultivo del Plátano. El cultivo del plátano requiere suelos de textura media, es decir, entre franco arenoso y franco–arcillo–arenoso; los suelos francos (arcillas entre 7 y 27% y limo entre 28 y 50%), presentan la textura más equilibrada para el buen desempeño agrícola, porque retienen agua y a la vez permiten la difusión de gases, condiciones apropiadas para las funciones fisiológicas de la planta. El plátano requiere de suelos sueltos bien aireados y con estructura granular, donde las raíces penetren y alcancen un buen desarrollo (Aranzazu et al., 2000).

Desde el punto de vista químico, los suelos deben presentar una reacción o pH de media a moderadamente ácida, lo cual se encuentra dentro del rango de pH de 5.5 a 6.5, siendo este rango donde se encuentra la disponibilidad más apropiada para todos los nutrientes que este cultivo requiere para satisfacer sus necesidades nutricionales. (Solís, A. 2007).

En condiciones tropicales, la luz, no tiene tanto efecto en el desarrollo de la planta como en condiciones subtropicales, aunque al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga. El desarrollo de los hijuelos también está influenciado por la luz en cantidad e intensidad. (infoagro,sf).

Los efectos del viento pueden variar, desde provocar una transpiración anormal debida a la reapertura de las estomas foliar, siendo el daño más generalizado, provocando unas pérdidas en el rendimiento de hasta un 20%. Los vientos muy fuertes rompen los peciolo de las hojas, quiebran los pseudotallos o arrancan inclusive las plantas enteras. (infoagro, sf).

La duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo. (Solís, A. 2007).

La platanera es incapaz de producir semillas viables por lo que solo es posible su reproducción y perpetuación a través de la propagación vegetativa o asexual. Por tanto, las "semillas" utilizadas para la siembra corresponden a partes vegetativas tales como retoños y

cormos o hijos que, una vez separados de la planta madre, pueden realizar su ciclo de crecimiento y producción. (infoagro, sf).

Es conocido que el plátano al igual que el banano, toma más nutrimentos por hectárea que casi cualquier otro cultivo comercial importante en el mundo, por tal razón, los elementos minerales deben ser repuestos, mediante un buen programa de fertilización, para mantener un buen nivel de producción. Para llevar a cabo este plan de fertilización, es completamente necesario realizar previamente un análisis químico de suelos, para evaluar el estado de la fertilidad del suelo y diseñar estrategias para el manejo eficiente de fertilizantes y enmiendas (Espinosa y López, 1995).

En la tabla 9 se muestran las exigencias nutricionales de este cultivo.

Tabla 9

Exigencias nutricionales del cultivo de plátano.

Elemento	Concentración ppm	meq (100 g suelo)-1
Potasio		0,4-0,6
Calcio		3-6
Magnesio		1-2
Fósforo	10-20	
Azufre	10-15	
Hierro	50-100	
Manganeso	20-30	
Zinc	3-6	

Fuente: Barrera, J. et al (2016).

El crecimiento del cultivo comprende tres fases de crecimiento que son:

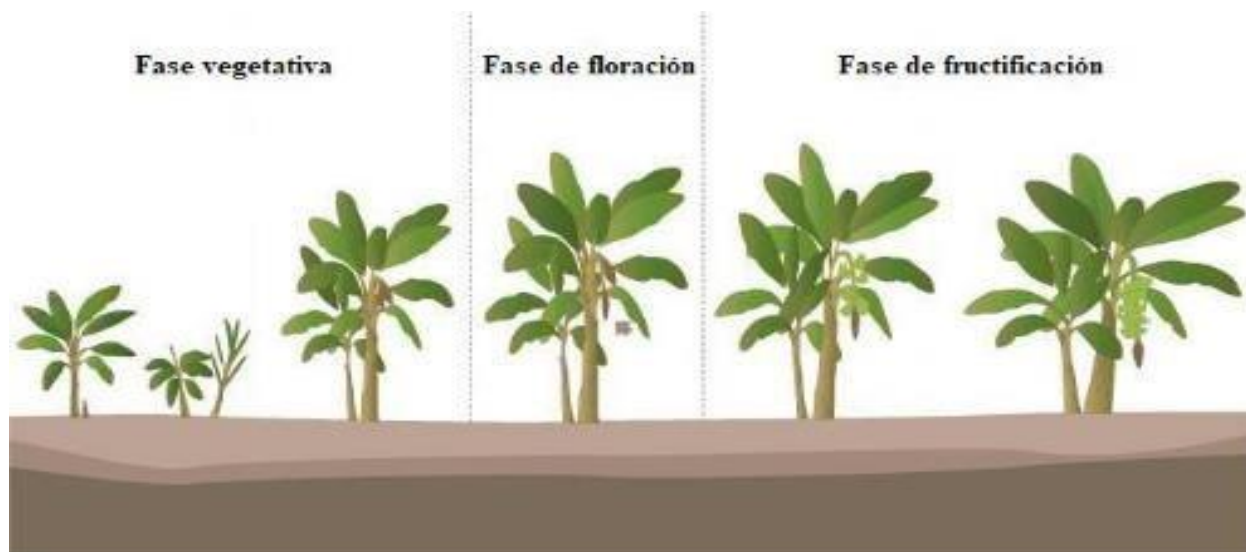
Fase Vegetativa. Comprende desde el momento de la siembra hasta que se lleva a cabo la diferenciación floral. Su duración puede ser del orden de los cuatro a cinco meses, aproximadamente, para las condiciones del Caribe húmedo (Barrera y Vieira, 1993), esta fase está influenciada por las condiciones ambientales, que pueden incrementarla hasta en cinco meses, influyendo notablemente la humedad del suelo y la radiación solar.

Fase Reproductiva. Esta fase puede ser considerada como de singular importancia, por cuanto de su correcta evolución va a depender el rendimiento, el cual está relacionado directamente con el tamaño del racimo (Cayón, 1998). Se caracteriza fundamentalmente por la diferenciación floral conducente a la formación de flores femeninas y masculinas; las primeras darán origen a los frutos que conformarán, en primera instancia, las manos y, el conjunto de ellas, el racimo (Belalcázar et al., 1991a). Esta fase se inicia una vez finaliza la fase vegetativa, entre los 4 y 5 meses después de la siembra, y finaliza a los nueve meses (Pineda, 1993).

Fase Productiva. Esta fase se extiende desde la finalización de la diferenciación floral, continúa con el ascenso de la yema floral diferenciada hacia el ápice del pseudotallo, emergencia y disposición de la inflorescencia visible, llenado de los frutos (dedos) que conforman el racimo, hasta la cosecha. Todo este proceso es influenciado por el medio ambiente (Belalcázar, Cayón y Lozada 1991a), labores culturales (podas de manos, embolse). Puede durar alrededor de 7.5 meses para el Caribe húmedo tropical (Soto y Calvo, 1987). En la siguiente figura vemos las fases del cultivo del plátano.

Figura 8

Fases fenológicas del banano y sus requerimientos nutricionales. Las tasas de absorción de nutrientes para el cuarto cultivo de cv. Robusta, con un rendimiento de 50 TM/ha.



Fuente: Twyford y Walmsley (1973; 1974/1976). Indias Occidentales, Trinidad.

Metodología

Para el desarrollo de esta monografía se tuvieron en cuenta diferentes fases que proporcionan un paso a paso para el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados en el estudio:

En la fase 1 se seleccionaron los criterios de análisis e información bibliográfica sobre los procesos de extracción de extractos proteicos mediante las diferentes bases de datos consultadas en la biblioteca de la UNAD y se elaboró una rúbrica de exclusión para la selección de artículos con el fin de identificar la calidad de la información obtenida. Esto se hizo consiguiendo una estrategia de búsqueda efectiva por medio de las palabras clave y el uso de operadores booleanos, lo cual permitió que la cadena de búsqueda permitiera encontrar la información relevante relacionada con nuestra pregunta de investigación.

En la fase 2 se realizó una comparación teórica de los procesos de extracción a los que se puede someter la flor del plátano para la obtención de los extractos proteicos considerando las variables temperatura, pH, tiempo de extracción, concentración del solvente. Con base en la información obtenida en esta fase se reconocieron los diferentes métodos tanto convencionales como no convencionales usados para la extracción de extractos vegetales reconociéndose el método de extracción por ultrasonido como un método novedoso de extracción con ventajas medioambientales y económicas, ya que esta técnica no contamina y tiene menor consumo energético y es la que ofrece más ventaja para la obtención del extracto proteico en la matriz vegetal de estudio.

En la fase 3 se seleccionó y organizó la información necesaria donde se evidenciaran los parámetros que influyen en la obtención de extractos vegetales. En la matriz vegetal de estudio los parámetros pH y temperatura fueron los parámetros de mayor influencia debido al carácter proteico del extracto ya que el pH debe estar dentro de rangos alta alcalinidad, basado en el

principio de que la ionización de aminoácidos ácidos y neutros ocurre a un pH alto, lo que aumenta la solubilidad de la proteína en un solvente de extracción para obtener el máximo rendimiento. Con respecto a la temperatura de extracción esta debe estar en el rango entre 30 y 60 grados Celsius, ya que probablemente a elevadas temperaturas está ocurriendo desnaturalización de las proteínas ocasionando pérdida de su solubilidad por exposición de grupos hidrofóbicos al medio. Cuando la temperatura es elevada aumenta la energía cinética de las moléculas con lo que se desorganiza la envoltura acuosa de las proteínas, y se desnaturalizan.

En la fase 4 se identificaron los impactos del uso de extractos proteicos como biomateriales en la industria alimentaria.

Análisis e Interpretación de Resultados

En este capítulo se presenta el análisis realizado de la información recopilada en el proceso de búsqueda con los buscadores y palabras clave.

Criterios de Análisis y Selección Bibliográfica

La metodología utilizada para la selección bibliográfica se fundamenta en una investigación llevada a cabo en las bases de datos más significativas para el estudio de los extractos proteícos de la flor del plátano, consultada en la biblioteca de la UNAD tales como Scielo, la cual tiene acuerdos con diferentes organizaciones de investigación, Science Direct, Scopus, Redalyc, especializada en ciencias naturales, exactas y sociales y Dialnet, usando como un criterio de inclusión los artículos publicados en el periodo comprendido entre los años 2011 – 2021. Se realizó una primera selección de artículos potencialmente elegibles mediante la revisión de título y resúmenes, y se procedió a evaluar los estudios potencialmente relevantes mediante criterios de inclusión y exclusión.

Además, se usaron operadores booleanos con las palabras claves del estudio para mejorar los resultados de la búsqueda de la información. Las palabras clave usadas para la revisión en las bases de datos mencionadas anteriormente fueron protein, extraction, plant, plantain, wastes. Las palabras clave para la búsqueda se usaron en inglés y además se usaron combinaciones de estas palabras clave como protein extraction, plantain protein, plantain wastes. En la base de datos Redalyc para evitar la inclusión de demasiados artículos se debe seleccionar el área de estudio de ciencias agrarias y químicas.

En este trabajo se ha realizado una revisión de la bibliografía científica publicada acerca de la flor del plátano y la extracción de los nutrientes para la incorporación en alimentos que contribuyan a la dieta humana. Para su elaboración, se han tomado algunos de los criterios

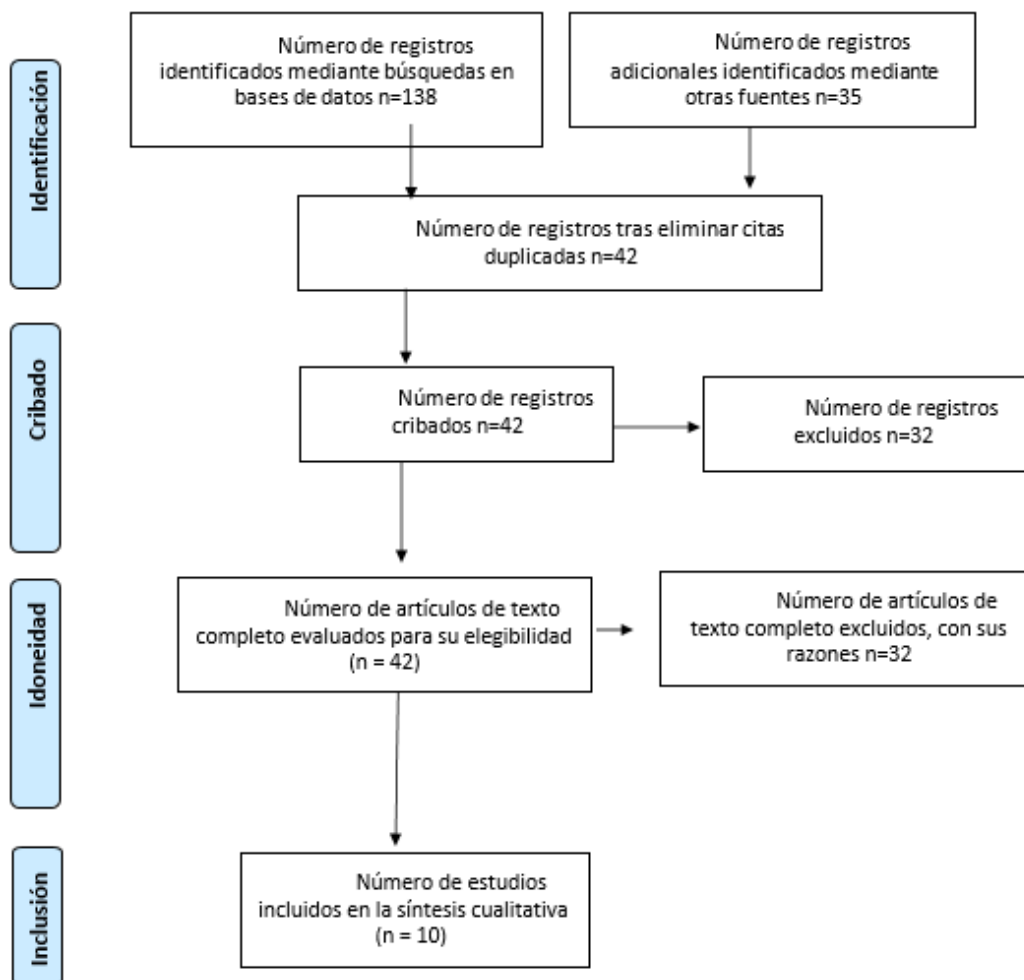
de la declaración PRISMA para la correcta realización de revisiones sistemáticas que, en el caso de la tesis propuesta, comprende una revisión bibliográfica de los últimos 10 años. A continuación, se detalla el proceso de elaboración en sus distintas fases.

La primera búsqueda se realizó en febrero de 2019 combinando los términos ‘plantain’ y ‘protein’ en las bases de datos, ScienceDirect y Scopus. Posteriormente, se amplió con una combinación, usando los operadores booleanos AND y OR según conviniera. Esta búsqueda arrojó una cantidad considerable de resultados, algunos repetidos o poco útiles para la revisión, pero permitieron una visión global de la amplitud de la temática.

La búsqueda bibliográfica se inicia con las bases de datos ScienceDirect, Redalyc, Dialnet, Scielo, PubMed, acotando los resultados a las publicaciones realizadas desde 2010 hasta la actualidad. La combinación de términos que arrojó mejores resultados en ambos buscadores, los podemos ver en la siguiente figura 9.

Figura 9

Resultados revisión bibliográfica; Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement.



Fuente: PLoS Med 6(6): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097.

Según estos criterios, seguido de la lectura del título y el resumen, se consideraron adecuados 42 artículos (después de eliminar ocho publicaciones duplicadas entre las dos bases de datos). Posteriormente, se procedió a leer el resumen y los objetivos en la introducción, a partir de esta lectura, se descartaron 32 cuando se aplicaron los siguientes criterios de exclusión.

Criterios de Inclusión

- Investigaciones empíricas de artículos científicos y de revisiones.
- Uso de técnicas de extracción de proteínas vegetales.
- Temática relacionada con los nutrientes de la flor del plátano.
- Estudio de los residuos vegetales y su uso.
- Temática de los diferentes beneficios de la flor del plátano.
- Intervalo de publicación entre 2010 y 2022.

Criterios de Exclusión

- Temática referida a la extracción de proteínas animal
- Tema de enfoque con muestras frutales.
- Extracción de otros biocompuestos.

La búsqueda bibliográfica consideró algunos de los criterios de la metodología PRISMA más afines con el desarrollo de la tesis, estos puntos los podemos ver en la siguiente tabla.

Tabla 10

Aspectos de la metodología prisma; Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement.

TÍTULO			
Título 1	1	Identificar la publicación como revisión sistemática, metaanálisis o ambos.	X
RESUMEN			
Resumen	2	Facilitar un resumen estructurado que incluya, según	X

estructurado		corresponda: antecedentes; objetivos; fuente de los datos; criterios de elegibilidad de los estudios, participantes e intervenciones; evaluación de los estudios y métodos de síntesis; resultados; limitaciones; conclusiones e implicaciones de los hallazgos principales; número de registro de la revisión sistemática	
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describir la justificación de la revisión en el contexto de lo que ya se conoce sobre el tema.	X
Objetivos	4	Plantear de forma explícita las preguntas que se desea contestar en relación con los participantes, las intervenciones, las comparaciones, los resultados y el diseño de los estudios (PICOS).	X
MÉTODOS			
Protocolo y registro	5	Indicar si existe un protocolo de revisión al se pueda acceder (por ejemplo, dirección web) y, si está disponible, la información sobre el registro, incluyendo su número de registro.	X
Criterios de elegibilidad	6	Especificar las características de los estudios (por ejemplo, PICOS, duración del seguimiento) y de las características (por ejemplo, años abarcados, idiomas o estatus de publicación) utilizadas como	X

		criterios de elegibilidad y su justificación.	
Fuentes de información	7	Describir todas las fuentes de información (por ejemplo, bases de datos y períodos de búsqueda, contacto con los autores para identificar estudios adicionales, etc.) en la búsqueda y la fecha de la última búsqueda realizada.	X
Búsqueda	8	Presentar la estrategia completa de búsqueda electrónica en, al menos, una base de datos, incluyendo los límites utilizados de tal forma que pueda ser reproducible.	X
Selección de los estudios	9	Especificar el proceso de selección de los estudios (por ejemplo, el cribado y la elegibilidad incluidos en la revisión sistemática y, cuando sea pertinente, incluidos en el metaanálisis).	X
Proceso de recopilación de datos	10	Describir los métodos para la extracción de datos de las publicaciones (por ejemplo, formularios dirigidos, por duplicado y de forma independiente) y cualquier proceso para obtener y confirmar datos por parte de los investigadores.	X
Lista de datos	11	Listar y definir todas las variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, PICOS fuente de financiación) y cualquier asunción y simplificación que se hayan hecho.	X

RESULTADOS			
Selección de estudios	17	Facilitar el número de estudios cribados, evaluados para su elegibilidad e incluidos en la revisión, y detallar las razones para su exclusión en cada etapa, idealmente mediante un diagrama de flujo.	X
Características de los estudios	18	Para cada estudio presentar las características para las que se extrajeron los datos (por ejemplo, tamaño, PICOS y duración del seguimiento) y proporcionar las citas bibliográficas.	X
DISCUSIÓN			
Limitaciones	25	Discutir las limitaciones de los estudios y de los resultados (por ejemplo, riesgo de sesgo) y de la revisión (por ejemplo, obtención incompleta de los estudios identificados o comunicación selectiva).	X
Conclusiones	26	Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias así como las implicaciones para la futura investigación.	X
FINANCIACIÓN			
Financiación	27	Describir las fuentes de financiación de la revisión sistemática y otro tipo de apoyos (por ejemplo, aporte de los datos), así como el rol de los financiadores en la revisión sistemática.	X

Fuente: PLoS Med 6(6): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097.

Se emplearon los tres criterios iniciales de la metodología PRISMA (título, resumen e introducción), lo cual facilitó que dentro de un resumen estructurado se evidenciaran aspectos relevantes como antecedentes; objetivos; fuente de los datos, participantes e intervenciones; evaluación de los estudios y métodos de síntesis; resultados; algunas limitaciones y conclusiones que permitieron excluir artículos y publicaciones no relevantes con el objeto del estudio.

En relación a los operadores booleanos, la tabla 11 y 12 muestra las palabras claves y los operadores booleanos usados en el presente estudio.

Tabla 11

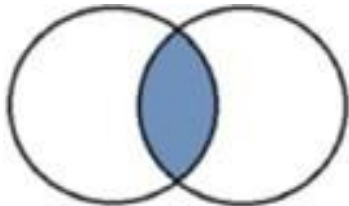
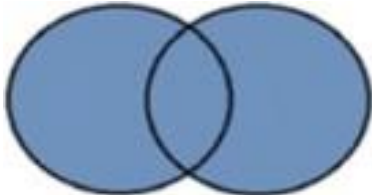
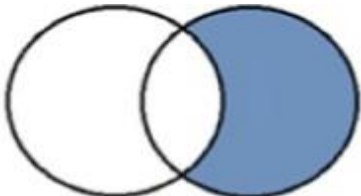
Palabras clave y operadores booleanos usados en el estudio.

Palabras claves	Operador booleano
Protein, extraction	AND
Protein, extraction	OR
Protein, extraction, plant	AND
Protein, extraction, plant, plantain	OR
Protein, extraction, plants, plantain, plantain wastes	AND
Plantain protein, protein extraction	OR
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR

Fuente: Autoría propia.

Los operadores booleanos, también conocidos como operadores lógicos, son palabras o símbolos que permiten conectar de forma lógica conceptos o grupos de términos para así ampliar, limitar o definir tus búsquedas rápidamente. Son muy sencillos de usar y pueden incrementar considerablemente la eficacia de las búsquedas bibliográficas.

Tabla 12*Operador Booleano.*

	AND	AND (Y): Recupera las referencias que incluyen ambos términos.
	OR	OR (O): Recupera las referencias que incluyan cualquiera de los términos o los dos a la vez.
	NOT	NOT (NO): Recupera las referencias en las que aparezca solo el primer término.

Fuente: Guíasbus.

Considerando el uso de las anteriores palabras clave, los operadores booleanos, los tres criterios iniciales de la metodología PRISMA y los criterios de inclusión expuestos arriba, se consideró para la monografía los artículos de la tabla 13 como base para ampliar a partir de la información de estos, una nueva búsqueda que permitió desarrollar los objetivos de la tesis.

Tabla 13

Los Criterios de Inclusión. Artículos seleccionados

Nombre del artículo		Autores y año de publicación	Resumen	Conclusión	Objetivo
Extraction And Characterization Of Proteins From Banana (MUSA SAPIENTUM L) Flower And Evaluation Of Antimicrobial Activities	And	Kewalee Sitthiya,			Extracción de proteínas de la flor de plátano y caracterización de las proteínas extraídas para la distribución del peso molecular y el potencial antimicrobiano.
		Lavaraj Devkota, Muhammad Bilal Sadiq, and Anil Kumar Anal (2018)			
Assessment of Nutritional Quality	of	Ramu, R., Shirahatti, P. S., Anilakumar, K. R.,	La evaluación de la composición nutricional	El perfil funcional (capacidad de retención	Evaluar la composición de nutrientes próximos, ácidos

and Antioxidant Response of Banana (Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale) Pseudostem and Flower	Global Nayakavadi, S., Zameer, F., Dhananjaya, B. L., & Nagendra Prasad, M. N. (2017)	y el cribado fitoquímico del pseudotallo del plátano (PB) y la flor (FB) abogan por esta solubilidad) y los de PB y FB.	de agua, capacidad de retención de aceite, aminoácidos y poder de hinchazón y antioxidante global (GAR)	grasos, minerales, perfil de
Banana (Musa sp. var. elakki bale) flower and pseudostem: dietary fiber and associated	Bhaskar JJ, S M, Chilkunda ND, Salimath PV. (2012)	La flor de plátano (BF) y el pseudotemo (PS) son subproductos del cultivo de banano y se sabe que tienen efectos	Los resultados revelaron altas cualidades nutricionales de los subproductos del	Evaluar la composición de la fibra dietética y el efecto antioxidante de BF y PS.

antioxidant capacity	beneficiosos para la	banano y el bajo costo
	salud.	de su producción
		promueve su uso como
		un recurso alimentario
		no convencional
		prospectivo con alto
		valor nutracéutico.

Procesos de Extracción de Extractos Proteicos para la Flor del Plátano

La extracción de los metabolitos deseados y componentes de las plantas generalmente utiliza la interacción sólido-líquido usando solventes orgánicos, agua o gases licuados. La bioactividad y calidad de los extractos depende fuertemente de la naturaleza del solvente extractante desde la muestra de la planta. La extracción sólido-líquido tal como la infusión del solvente es uno de los métodos convencionales más ampliamente usado para extraer componentes bioactivos y valiosos de matrices vegetales debido a su alto competencia en cuanto a costo. La polaridad del solvente y su capacidad de disolver componentes activos deseados juegan un factor importante al seleccionar un buen solvente de extracción, los solventes de extracción usados deben representar tanto como sea posible todo el espectro de polaridad de los metabolitos disponibles para disolver los compuestos bioactivos deseados desde la matriz vegetal. (Vásquez, E. 2016).

Según Sitthiya K. et al (2018) se ha usado la extracción alcalina de proteína usando el método de Vanvi y Tsopmo con ligeras modificaciones. También se usa la extracción enzimática asistida de proteína de la flor del plátano siguiendo el método de Ngoh y Gan. Las variaciones en el contenido de proteínas al cambiar los parámetros de extracción indicaron que la temperatura de extracción, el tiempo y la concentración de hidróxido de sodio (NaOH) afectaron en gran medida el rendimiento de proteínas (Hiranrangsee et al. 2016; Jain y Anal 2016).

Además, en el mismo estudio de Sitthiya K. et al (2018), la variable de la temperatura mostró efectos diversos sobre el rendimiento proteico de la flor de plátano. El alto rendimiento de proteína de la flor de plátano lo indicó como una buena fuente de proteínas, que se encuentran principalmente en los floretes de la flor del plátano. La valorización de la flor de plátano produce un alto contenido de proteínas. La cromatografía líquida rápida de proteínas y la

impresión química de extracto de flor de plátano indicaron la presencia de varios péptidos y aminoácidos.

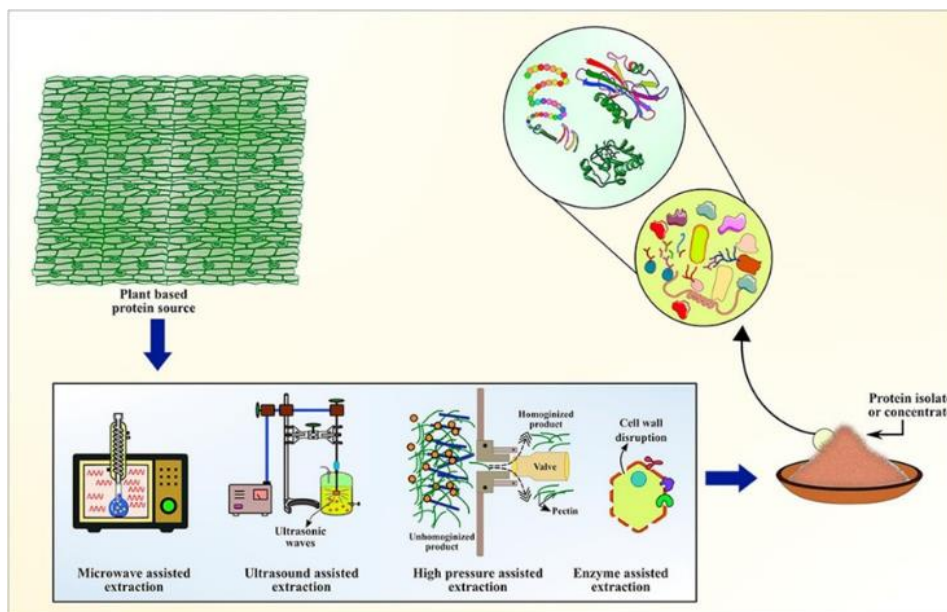
De acuerdo con Pavoković (2011), los protocolos más utilizados para la extracción de proteínas vegetales implican un paso de precipitación, que debe separar las proteínas de los compuestos interferentes. Los productos químicos utilizados con frecuencia para este propósito son la acetona, el ácido tricloroacético (TCA) / acetona y el fenol trisbúfero; esta extracción de proteínas generalmente es seguida por precipitación de metanol/acetato de amonio (fenol). Las proteínas de varias especies de plantas como el banano, el aguacate, las frutas de naranja, las hojas de vid y el polen de tomate se han extraído con éxito utilizando TCA/acetona o fenol, y por lo tanto son los métodos de elección para los tejidos vegetales recalcitrantes o con características bioquímicas muy específicas (alto contenido de polisacáridos y polifenoles, entre otros). Como paso final en el procedimiento, las proteínas precipitadas se resolubilizan en tampón. Este procedimiento de tres pasos tiene varios objetivos: interrumpir las interacciones macromoleculares para producir cadenas polipeptídicas monoméricas, prevenir la modificación de proteínas en el medio de solubilización, eliminar sustancias que interfieren con 2-DE y mantener las proteínas en solución durante 2-DE.

En el caso de los aminoácidos, Pavoković (2011), también muestra que la cuantificación e identificación de aminoácidos se logró empleando técnicas cromatográficas y comparando los tiempos de retención de los picos con estándares, de acuerdo con el programa estándar de AOAC (1995).

En la siguiente figura se muestra un esquema de la extracción vegetal con diferentes métodos.

Figura 10

Extracción desde matriz vegetal usando diferentes métodos de extracción.



Fuente: Kumar, M. et al. 2021.

Actualmente, la extracción de biomoléculas como las proteínas incluyen tratamientos de muestra catalogados en el proceso analítico como etapa crítica debido a que las etapas precedentes a la introducción de la materia vegetal en el instrumento de medida; requiere de diferentes etapas como el muestreo, disolución, extracción de analitos, limpieza, preconcentración, derivatización, entre otros) que son fundamentales para asegurar la exactitud y reproducibilidad de los resultados.

Sin embargo, existen avances en instrumental analítico que emplean energías auxiliares a diferencia de las que se basan en tecnologías del siglo XIX (lixiviación soxhlet, maceración), que en algunos casos exigen tiempos largos de extracción y consumo de disolventes tóxicos. Dentro de las fuentes auxiliares de energía se destacan la extracción asistida por microondas, asistida por ultrasonidos, con líquidos sobrecalentados, asistida por láser, que reducen de manera importante el consumo de disolventes orgánicos tóxicos, el tiempo de extracción y aumentan la variedad de

analitos a analizar (Kumar, M. et al.2021).

Cada método de extracción permite la determinación de proteínas con tiempos y cantidad de solventes diferente, los cuales son un punto de partida para lo posterior identificación. En relación a la composición nutricional, la investigación de Zhan-Wu Sheng (2018) ha investigado exhaustivamente la composición nutricional de las flores de plátano de dos cultivares, Baxijiao y Paradisiaca. Los resultados indican que las flores de plátano son una buena fuente de minerales, como magnesio, hierro y cobre. Contiene proteínas de alta calidad debido a su aminoácido esencial bien equilibrado, además de altas concentraciones de fibra dietética y flavonoides. La utilización de flores de plátano podría proporcionar beneficios adicionales en la reducción de los residuos de plátano y aumentar el uso en la ciencia de los alimentos.

Los estudios de Sithyya, (2017) informaron que el contenido de aminoácidos esenciales en la flor de plátano era de aproximadamente 39-45%, principalmente glicina, leucina, alanina y ácido aspártico. La alta concentración alcalina ayuda a romper los enlaces de hidrógeno que conduce a la hinchazón de la pared celular y la liberación de más pectinasa. Esto debilita la celulosa y los polisacáridos en la pared celular, lo que hace que la extracción sea más eficiente.

De acuerdo con Martínez (2016) se han encontrado compuestos biológicamente activos, como dopamina, noradrenalina, serotonina, y factores antihiperoglucémicos en el plátano. Las frutas, hojas, raíces y tallos de las plantas de plátano se han utilizado para tratar fiebres, quemaduras, diarrea, inflamación, dolores y mordeduras de serpiente en la medicina popular.

Según Martínez, A. (2016), en estudios anteriores se encontró que el extracto de cloroformo, agua y etanol de las flores de *Musa sapientum* exhibe actividad hipoglucémica en ratas diabéticas alloxan. También se han reportado estudios sobre el contenido de vitamina C, taninos, fosfatos de mioinositol y alfa tocoferol en la flor de *M. sapientum* e investigaron las

concentraciones de saponina cruda en la flor de *M. sapientium* y su relación con los productos finales de fermentación mediante el uso de la técnica de gas in vitro.

En el estudio de Padam, B.S. (2012) se puede observar que la demanda de los productos que contienen componentes funcionales se ha incrementado enormemente en los últimos años. Los subproductos industriales de residuos alimentarios y agroalimentarios contienen varios compuestos funcionales y bioactivos, incluidos fenólicos, antioxidantes, fibras dietéticas, flavonoides, antocianinas, proteínas, péptidos, enzimas, etc. La recuperación de compuestos bioactivos y la reutilización es posible en la cadena alimentaria como aditivos, suplementos, fortificación o como ingredientes menores. Las proteínas vegetales son de mayor interés en las industrias de alimentos, piensos, productos farmacéuticos y cosméticos.

Además, la flor de plátano es una rica fuente de fibra dietética, magnesio, hierro, cobre, compuestos antioxidantes, flavonoides y dopamina (Bhaskar, 2012).

Considerando la segunda variable que más influye en los procesos de extracción, Miroslav S. Hadnađev (2017) también sugiere que, del mismo modo, el aumento de la temperatura y/o el tiempo de extracción también contribuyen a una mejor capacidad de extracción de las proteínas. Sin embargo, el aumento de la temperatura también puede causar desnaturalización térmica de proteínas y precipitación. Por lo tanto, la temperatura ambiente o ligeramente más alta es comúnmente recomendable para la extracción de proteínas. En la siguiente tabla (Tabla 14) podemos ver los diferentes aminoácidos esenciales y no esenciales en dos cultivos de plátanos y su respectiva comparación con la cantidad de proteínas en el huevo.

Tabla 14

Perfil de aminoácidos de flores de banano de dos cultivares (cvs Baxijiao y Paradisiaca).

Aminoácido	Baxijiao	Contenido	Paradisiaco	Contenido	Huevo
Essential					
Threonine	0.06±0.00a	31.2	0.05±0.01b	31.2	51.2
Valine	0.05±0.00a	25.8	0.06±0.01a	34.8	68.5
Methionine	0.04±0.00a	17.9	0.03±0.00b	16.3	34.6
Isoleucine	0.04±0.01a	21.0	0.04±0.01a	26.5	62.9
Leucine	0.10±0.01a	50.4	0.09±0.01a	56.5	88.2
Tryptophan	0.06±0.00a	11.1	0.02±0.01b	9.3	16.2
Phenylalanine	0.05±0.01a	22.4	0.05±0.01a	29.5	56.3
Lysine	0.08±0.00a	37.3	0.06±0.01b	37.2	69.8
Total EAA	0.45±0.01a	217.1	0.39±0.05a	241.2	447.7
Non-essential					
Aspartic acid	0.15±0.01a	72.6	0.12±0.01b	75.2	---
Serine	0.08±0.00a	40.0	0.07±0.01b	43.0	---
Glutamic acid	0.30±0.00a	144.1	0.21±0.03b	132.1	127.4
Proline	0.09±0.01a	45.2	0.06±0.00b	34.7	41.6

Glycine	0.06±0.00a	28.4	0.05±0.01a	32.9	33.1
Alanine	0.10±0.00a	49.2	0.08±0.01b	51.8	59.2
Cystine	0.08±0.00a	37.1	0.06±0.01b	35.1	24.3
Tyrosine	0.04±0.00a	17.3	0.04±0.01a	22.3	41.6
Histidine	0.03±0.00a	15.3	0.03±0.00a	16.7	24.3
Arginine	0.08±0.01a	39.9	0.07±0.01a	42.3	61.0

Fuente: Martínez, C. 2016.

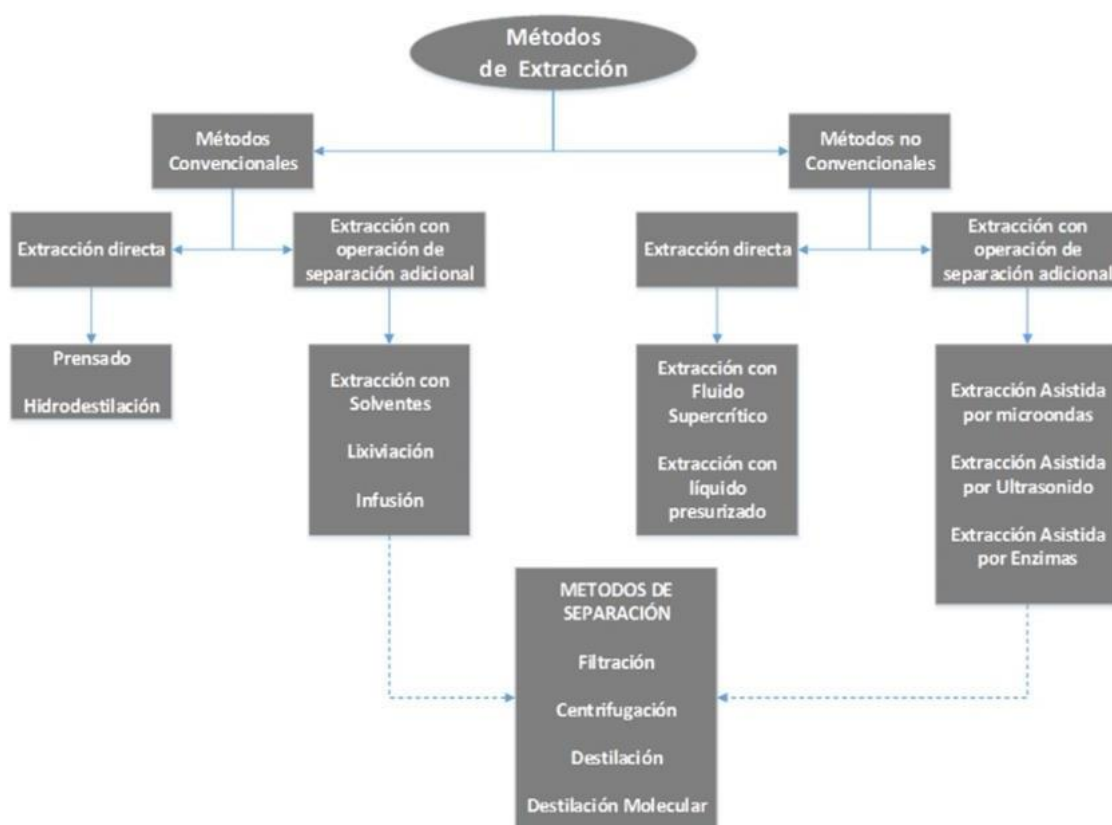
Los valores son medias $\pm$ desviaciones estándar de las determinaciones de triplicado, los valores en la misma fila seguidos de diferentes letras son significativamente diferente ($P < 0,05$), basado en ANOVA.

De la anterior tabla, se puede observar que la leucina se encuentra en mayor cantidad en las dos variedades analizadas. La leucina es un aminoácido utilizado por las células para la síntesis de proteínas, juega un rol importante en el rendimiento físico de los deportistas, en la degradación del tejido muscular por el envejecimiento natural y el anabolismo muscular. Su aprovechamiento puede ser de interés para la industria no sólo de alimentos sino del sector de la salud.

Para entender con más facilidad el avance de las técnicas se muestra un esquema (Figura 11) de los diferentes métodos de extracción.

Figura 11

Métodos de extracción en matrices vegetales.



Fuente: Corona, E. 2016.

Miroslav S. Hadnađev (2017) evidencian en sus estudios que han utilizado la técnica de extracción alcalina / precipitación isoelectrica para el aislamiento de proteínas han demostrado en su mayoría que las condiciones de extracción a valores de pH 10.0 y superiores resultan en un mayor rendimiento de las proteínas extraídas (Gerzhova et al., 2016).

Según lo indica el estudio de Miroslav S. Hadnađev (2017) la técnica de extracción alcalina/precipitación isoelectrica comprende la solubilización alcalina de las proteínas, la eliminación del material insoluble por centrifugación, la precipitación de proteínas a pH que corresponde al punto isoelectrico y la recolección de proteína precipitada por centrifugación. Por el contrario, la micelización implica la extracción de proteínas con solución salina, la

centrifugación para eliminar material insoluble, la precipitación de un extracto de sal por ultrafiltración, membranas de diafiltración o dilución en agua fría, seguida de la recuperación de proteínas por centrifugación.

Durante el procedimiento de micelización, las albúminas permanecen en el sobrenadante después de la eliminación de sal en la etapa de diálisis, mientras que las globulinas precipitan y pueden recogerse por centrifugación (Malomo y Aluko, 2015). La técnica de micelización, que representa un procedimiento de extracción más suave, no implica la oxidación de polifenoles, la polimerización y la coextracción con proteínas como en el caso de los aislados de proteínas alcalinas extraídas.

Por lo tanto, los aislados obtenidos mediante la técnica de micelización suelen ser de color más claro. Los aislados de proteínas obtenidos por procesos de ultrafiltración son comúnmente de mejores propiedades funcionales en comparación con los aislados obtenidos por extracción alcalina, especialmente en sus propiedades emulsionantes.

En cuanto a la solubilidad proteica, se dio la ventaja al procedimiento de extracción de micelización ya que esta técnica dio aislados proteicos de mayor solubilidad en comparación con los aislados obtenidos por procedimiento de punto isoelectrico (Karaca et al., 2011). Según las mediciones electroforéticas, ambos procedimientos de aislamiento dieron la misma fracción de proteínas (Dapčević Hadnađev et al., 2016). También se propuso la implementación de la extracción enzimática asistida de proteínas como un método para mejorar el rendimiento de la extracción de proteínas. Este método generalmente implica la adición de diferentes enzimas (proteasa, celulosa, etc.) para aumentar la cantidad de proteínas extraídas y reducir el daño de las proteínas durante la extracción.

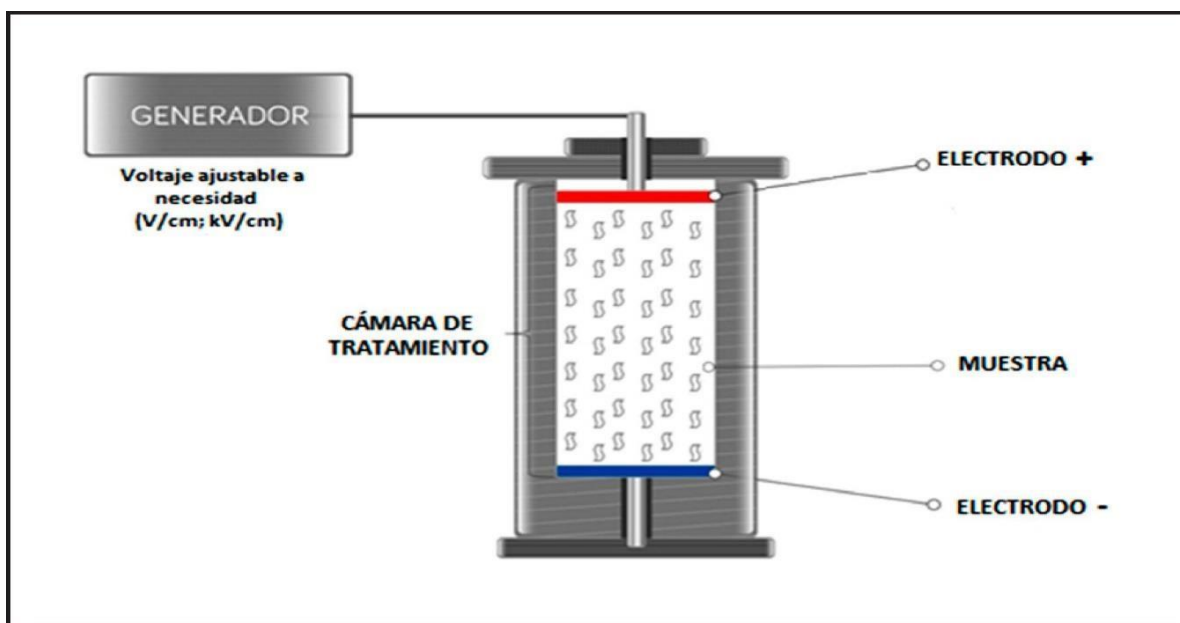
Ho et al. (2007) propusieron el procedimiento de extracción basado en agua presurizada

de baja polaridad como alternativa a la extracción con solvente, que generalmente adquiere el uso de solventes, largo tiempo de extracción, procedimientos de trabajo intensivos y aumento en la generación de residuos. También se propuso la técnica electroactivada como método alternativo de extracción no invasiva. De acuerdo con este método, se empleó el campo eléctrico para producir soluciones de agua alcalina que se afirma que tienen buenas propiedades extractivas. Según Gerzhova et al. 2015, el uso de la técnica de electroactivación resultó en una mayor cantidad de proteínas extraídas en comparación con la extracción alcalina convencional/precipitación isoelectrica. El mismo grupo de autores también concluyó que no hubo diferencias significativas en términos de solubilidad, hidrofobicidad superficial, absorción de agua y capacidad de absorción de aceite entre los aislados de proteína obtenidos por el método de extracción alcalina convencional y el método electroactivado (Gerzhova et al., 2015).

Coustets y Teissié (2016) propusieron la técnica de campo eléctrico pulsado, procedimiento que implica la electroporación de las paredes celulares y/o membranas para la extracción de proteínas de *Nanochloropsis* y *Chlorella*. Roselló-Soto et al. (2015) compararon descargas eléctricas de alta tensión (HVED), campo eléctrico pulsado (PEF) y ultrasonido (US) como pretratamientos antes de la extracción de proteínas y compuestos fenólicos de granos de olivo.

Si bien la HAP no influyó en el aumento del contenido de proteínas, los tratamientos con US y HVED mejoraron significativamente la cantidad de proteínas extraídas, que aumentan con el aumento de la energía de entrada.

En la siguiente imagen (figura 13) se muestra un equipo con campo eléctrico.

Figura 12*Equipo de campo eléctrico.*

Fuente: Vivanco, D. et al, 2021.

Khadhraoui, B. (2021) indica que el ultrasonido tiene un efecto significativo en la tasa de diversos procesos en las industrias de alimentos, perfumes, cosméticos, farmacéuticos, biocombustibles, materiales o productos químicos finos, a pesar de algunas deficiencias. La combinación con otras técnicas convencionales o innovadoras puede superar estas limitaciones, mejorar la transferencia de energía, impulso y masa, y se ha demostrado con éxito en muchos estudios recientes. El ultrasonido se puede combinar con diversas técnicas convencionales que incluyen Soxhlet, Clevenger, enzimas, hidrótipos, líquidos iónicos, disolventes eutécticos profundos (DES) o disolventes eutécticos profundos naturales (NADES), para mejorar la mezcla y la micromezcla, reducir los gradientes térmicos y de concentración, y la extracción selectiva. En este sentido, las combinaciones de ultrasonido con otras técnicas innovadoras como microondas (figura 15), extrusión, fluido supercrítico (figura 16), líquidos subcríticos y a

presión, caída de presión controlada instantánea (DIC), campo eléctrico pulsado (PEF), radiaciones ultravioleta (UV) o infrarroja (IR), cromatografía a contracorriente (CCC) o cromatógrafos de partición centrífuga (CPC) pueden permitir un tamaño de equipo reducido, una respuesta más rápida al control del proceso, un arranque más rápido, una mayor producción y la eliminación de los pasos del proceso. Se comparan las teorías y aplicaciones de estas técnicas híbridas e innovadoras combinadas de ultrasonido, así como sus ventajas y limitaciones, y se proponen otras perspectivas.

Figura 13

Equipo de ultrasonido.

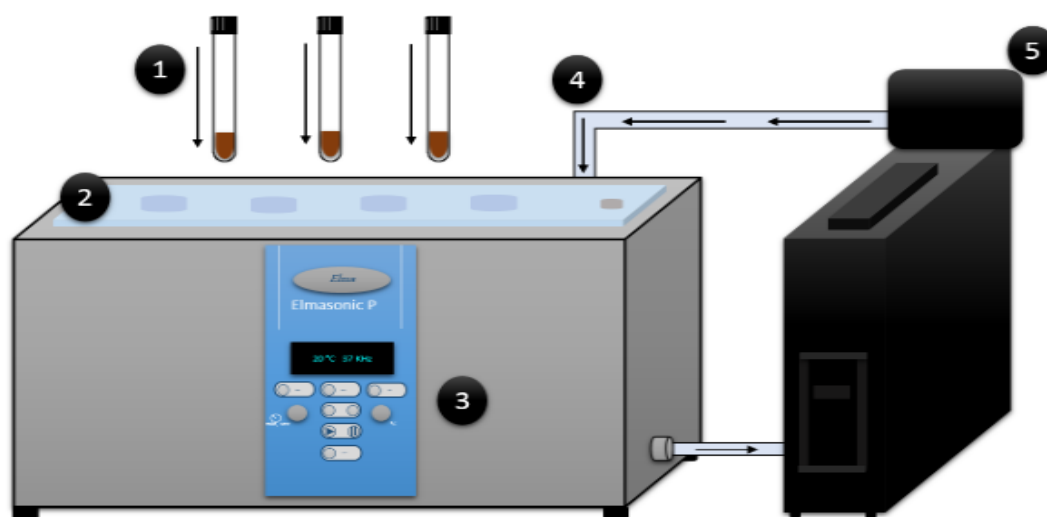


Figura 4.2. Equipo - Baño ultrasónico. 1. Muestra 2. Transductores. 3. Procesador de ultrasonido. 4. Sistema recirculador de agua 5. Sistema de enfriamiento

Fuente: Corona, E. et al, 2016.

Según Corona, E. et al, 2016, utilizando ultrasonido, el proceso completo de extracción de proteína podría completarse en minutos con alta reproducibilidad, reduciendo el consumo de disolvente, simplificando la manipulación y el trabajo, eliminando el postratamiento de las aguas residuales y consumiendo solo una fracción de la energía fósil normalmente necesaria para un proceso convencional o método de extracción como la extracción Soxhlet o la destilación

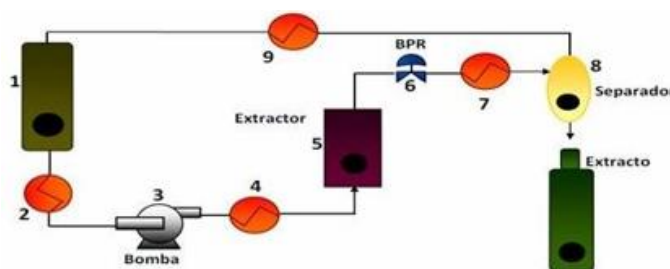
Clevenger. Aunque el ultrasonido tiene muchas ventajas en términos de transferencia de masa, todavía hay algunos defectos obvios, lo que resulta en resultados insatisfactorios en ciertos casos, como la degradación de metabolitos secundarios y primarios.

El desarrollo de productos alimenticios hace uso de diferentes tecnologías de procesamiento, extracción y conservación. Esto se debe a que estos productos son mezclas complejas de un gran panel de compuestos que incluyen proteínas, azúcares, lípidos, vitaminas, aromas, antioxidantes, entre otros.

El ultrasonido ha sido considerado como una técnica innovadora y prometedora del siglo XXI. Esta técnica se ha utilizado cada vez más en el campo alimentario incluyendo el procesamiento (cristalización, secado, filtración, corte, etc.), la preservación (inactivación de microorganismos y enzimas) y los procesos de extracción. Diferentes otras tecnologías innovadoras fueron desarrolladas y valorizadas en la industria alimentaria, especialmente para la extracción de ingredientes alimentarios. Entre estas técnicas, encontramos la Extracción Asistida por Microondas (MAE), la Extracción Líquida Presurizada (PLE), la Extracción de Fluido Supercrítico (SFE) y la Caída de Presión Controlada Instantánea (DIC), etc.

Figura 14

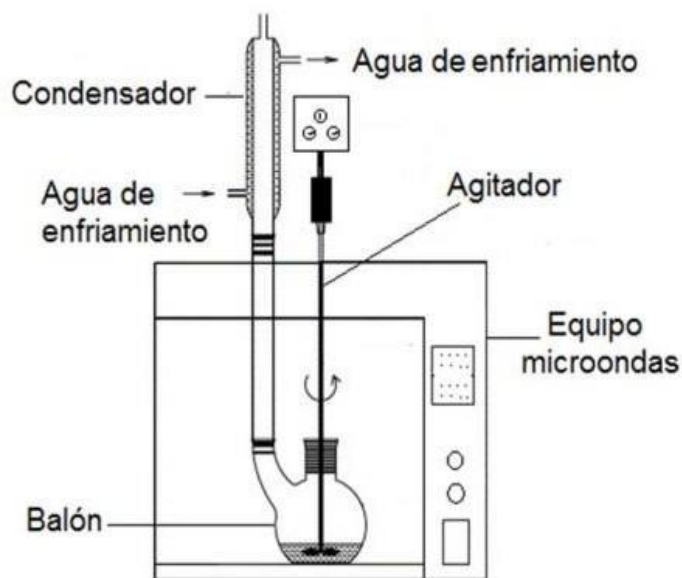
Unidad de extracción con fluido.



Fuente: Vega, G. 2016.

Figura 15

Gráfica de un extractor con microondas.



Fuente: Urango, K. et al, 2017.

Métodos de Caracterización y Purificación

De acuerdo con el estudio de Miroslav S. Hadnađev (2017), los aislados de proteínas se obtienen principalmente solubilizando la fuente rica en proteínas en un ambiente donde el pH está lejos del punto isoelectrico, seguido de la concentración con la ayuda de la precipitación en un ambiente donde el pH está cerca del punto isoelectrico de las proteínas solubilizadas.

Parámetros que Influyen en la Obtención de Extractos Vegetales de la Flor de Plátano

De acuerdo con Miroslav S. Hadnađev (2017) la utilización de diferentes aislados de proteínas vegetales se basa principalmente en su versatilidad en las propiedades funcionales (solubilidad, viscosidad, formación de espuma, emulsificación, capacidad de retención de agua y aceite, etc.). Es decir, sus propiedades funcionales pueden originarse a partir de factores intrínsecos como la composición y conformación de proteínas, diferentes factores ambientales, así como el método de aislamiento de proteínas.

Efecto Antimicrobiano de Extractos Vegetales

En el estudio de Sitthiya (2017) se observa que algunos péptidos de origen vegetal pueden inhibir selectivamente el crecimiento de bacterias gram positivas o negativas, mientras que otros pueden suprimir el crecimiento de hongos y virus. Los péptidos derivados de plantas poseen propiedades terapéuticas que incluyen actividades anticancerígenas, antioxidantes, quitinásicas e inhibidoras de la proteinasa. Los péptidos antimicrobianos tienden a tener efectos directos sobre los microorganismos, como dañar o desestabilizar la membrana celular bacteriana, viral o fúngica.

Efecto Antioxidante de Extractos Vegetales

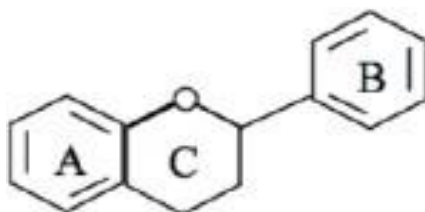
El uso de los antioxidantes vegetales se está implementando ampliamente por las industrias como alternativa para sustituir los antioxidantes sintéticos (adquiriendo atractivo *clean label*), por la capacidad de mejorar la estabilidad oxidativa de los productos alimenticios y, en muchos casos, aumentar su vida útil. (Orihuela, E. 2017).

De forma natural los humanos no podemos producir sustancias antioxidantes; por este motivo, es fundamental incluirlos en la dieta para lograr una protección contra el daño oxidativo. Estas especies son átomos que pierden un electrón y son muy reactivos, transitando por el organismo en busca de captar el electrón que les falta, y cuando lo hacen, destruyen otras moléculas estables y beneficiosas para la salud. A su vez, cuando el radical libre consigue captar el electrón que le falta se convierte en estable, mientras que la molécula que lo ha perdido pasa a convertirse en radical libre, continuando las reacciones en cadena. Hay clasificados cerca de 5.000 flavonoides, siendo los más importantes los comprendidos en los siguientes grupos: Chalconas, Flavonas, Flavonoles, Flavandioles, Antocianinas, Taninos condensados y Auronas. (Hernandez, S. et al, 2019). Los flavonoides tienen una estructura de anillos formada por 15

carbonos (C6- C3- C6), que consiste en dos anillos aromáticos (A y B) que contienen generalmente grupos hidroxilos, unidos por una cadena lineal de 3 carbonos, como se muestra en la figura 18. En algunos casos, el anillo heterocíclico C ocurre en forma abierta. (Hernandez, S. et al, 2019).

Figura 16

Estructura molecular de los flavonoides.



Fuente: Hernández, S. et al, 2019.

De acuerdo con Vélez, J. (2018), la actividad antioxidante se ha medido por medio de radicales DPPH mezclados con extracto de etanol o metanol de la flor del plátano, en donde se realiza un procedimiento que incluye un periodo de incubación junto a otras actividades, en donde se tiene en cuenta el porcentaje de decoloración o la densidad óptica y se tiene el ácido gálico como una medida estándar de referencia a una capacidad de inhibición del 50% [Sheng et al., 2011] o también la vitamina C como punto de referencia [Virabhakul y Sutthanut, s.f.] o antioxidante comercial como el BHT [Sumathy et al., 2011]

Para calcular la actividad de captación de radicales libres se ha utilizado el radical ABTS para que reaccione con persulfato de potasio, junto con agua desionizada y extracto de etanol de la flor [China et al., 2011]. Se puede comparar el resultado con una medida estándar como por ejemplo al ácido gálico [Sheng et al., 2011]. Sheng et al. [2011] reportan valores de 4,16 y 4,09 $\mu\text{g/ml}$ IC50 para la variedad Baxijiao y Paradisiaca respectivamente, mientras en Ramu et al. [2014] reportan un valor de $27,17 \pm 1,81 \mu\text{g/ml}$ IC50.

La cantidad de vitamina E se ha calculado con cromatografía [Sheng et al., 2011]. Sheng et al. [2011] encontraron que la variedad Baxijiao contiene $0,87 \pm 0,04$ mg/g, mientras la variedad Paradisiaca contiene $1,07 \pm 0,06$ mg/g de vitamina E.

Extractos Proteicos Vegetales Obtenidos Para Uso Comercial

Esta investigación se ha enfocado exhaustivamente en la composición nutricional de flores de banano de dos cultivares, Baxijiao y Paradisiaca. Los resultados indican que las flores de plátano son una buena fuente de minerales, como magnesio, hierro y cobre. Contiene alta calidad proteína debido a su aminoácido esencial bien equilibrado. Además de altas concentraciones de fibra dietética y flavonoides. La utilización de flores de banano podría proporcionar beneficios adicionales en la reducción del desperdicio de banano, y aumentar el uso en la ciencia de los alimentos. Otros estudios son necesarios para documentar el efecto biológico del banano flor en fisiología y beneficios saludables del ser humano.

Estos pueden incluir la investigación de su efecto de tanino, fitato, fenoles totales, flavonoides, alcaloides y esteroides en la salud humana como componentes de la dieta diaria.

Los flavonoides son apropiados como agentes antisolares debido a que tienen una alta absorbancia UV y a que no son tóxicos. La mayor parte de la radiación UV que alcanza la tierra está entre 320 y 400 nm (UV-A) y aunque la radiación entre 290-320 nm (UV-B) es mucho menor, su nivel de energía es mucho mayor y causa quemaduras, daños en las células y cáncer de piel. Las flavanonas bloquean la UV-B y las flavonas son filtros particularmente efectivos para la UV-A. Los ésteres de flavonoides tienen aplicaciones como descongestionantes, agentes de tratamiento de piel sensible, agentes de fortalecimiento de capilares sanguíneos y agentes anti envejecimiento. Las esterasas presentes en los tejidos celulares (particularmente la epidermis), rompen los ésteres y regeneran los flavonoides iniciales, lo que permite que tengan su capacidad

antioxidante inicial. Esto los hace especialmente útiles en humectantes y cosméticos. (Puertas, Villegas, & Rojano, 2013).

Procesos de Extracción de la Flor de Plátano

Según Sitthiya K. et al (2018) se ha usado la extracción alcalina de proteína usando el método de Vanvi y Tsopmo con ligeras modificaciones. También se usa la extracción enzimática asistida de proteína de la flor del plátano siguiendo el método de Ngho y Gan. Las variaciones en el contenido de proteínas al cambiar los parámetros de extracción indicaron que la temperatura de extracción, el tiempo y la concentración de NaOH afectaron en gran medida el rendimiento de proteínas (Hiranrangsee et al. 2016; Jain y Anal 2016).

La temperatura mostró efectos variables sobre el rendimiento proteico de la flor de plátano. El alto rendimiento de proteína de la flor de plátano lo indicó como una buena fuente de proteínas, que se encuentran principalmente en los floretes de la flor del plátano. La valorización de la flor de plátano produce un alto contenido de proteínas. La cromatografía líquida rápida de proteínas y la impresión química de extracto de flor de plátano indicaron la presencia de varios péptidos y aminoácidos.

Impacto de los Extractos Proteicos Obtenidos para Uso Comercial

Entre los diversos impactos del aprovechamiento de la flor de plátano, un subproducto del cultivo a aprovecharse por su calidad nutricional es la flor. La contaminación ambiental es el principal impacto directo que se minimizaría, un residuo clasificado dentro de la biomasa por aprovecharse en la industria agroalimentaria. El uso consciente de los recursos naturales, la conciencia de las generaciones futuras sobre la preservación ambiental y la creación de políticas públicas que garanticen la preservación del medio ambiente, permiten minimizar el impacto ambiental por el no aprovechamiento de un residuo.

Si se combina el impacto ambiental y económico, se genera una disminución de residuos al ambiente al hacer un uso productivo de un residuo agrícola que se está formando en grandes cantidades como resultado de la gran área cultivada con cultivos de plátano, esto repercute en generar valor agregado a subproductos de la cadena de producción del plátano, permitiendo mejorar la economía de productores o de personal dedicado al aprovechamiento de subproductos vegetales.

Con relación al impacto social se puede reconocer el impacto ligado a la salud y a la economía regional, ya que el posible uso de este extracto vegetal dentro de la industria alimenticia puede ayudar a solucionar problemas nutricionales porque puede ser empleado como un alimento funcional de manera que pueda contribuir a mejorar la salud o reducir el riesgo de padecer enfermedades debido a las propiedades nutricionales de los biocompuestos que la flor contiene. Además, en la fortificación de alimentos también puede ser útil ya que permite el enriquecimiento de alimentos básicos, siendo esta una de las 4 estrategias adoptadas por la OMS para la eliminación de las carencias de nutrientes.

Conclusiones

De acuerdo con la revisión realizada se puede evidenciar que la flor de plátano contiene proteínas de alta calidad debido a su composición bien equilibrada, incluidos los aminoácidos esenciales leucina, lisina y treonina en cantidades superiores a 30 mg / g de proteína (Sheng et al. 2010). La valorización de las flores de plátano proporciona los beneficios adicionales en la reducción de los residuos de plátano y también actúa como fuente de compuestos valiosos en la preparación de alimentos funcionales (Netshiheni, R. (2018).

En el estudio de Ramu (2017) permite evidenciar que una cantidad masiva (alrededor del 40%) del peso fresco total de la planta de banano se compone de pseudotallo y flor, por lo tanto, puede ser útil como un recurso alimenticio alternativo.

Con la revisión bibliográfica realizada se puede inferir que la mayoría de los estudios realizados con residuos de plátano no diferencian la flor de plátano de la inflorescencia siendo la composición y los efectos atribuidos indistintamente a ambas partes de la planta (Lau et al., 2020).

El estudio de Ramu et al. (2017) manifiesta que tanto el pseudotallo como la flor de banana poseen ricas propiedades nutraceuticas debido a la presencia de diversos ingredientes bioactivos con numerosos beneficios para la salud humana.

Se proporciona evidencia de que los dos subproductos del plátano son ricos en composición de nutrientes próximos, minerales, ácidos grasos y antioxidantes (tanto enzimáticos como no enzimáticos) y, por lo tanto, podrían usarse en la dieta humana. Las propiedades beneficiarias se derivan principalmente de sus minerales, ácidos grasos, carbohidratos, fibras dietéticas y proteínas junto con el bajo contenido de grasas y calorías y antioxidantes (tanto enzimáticos como no enzimáticos) y, por lo tanto, podrían usarse en la dieta humana.

Por otra parte, los componentes bioactivos del pseudotallo y la flor de banana poseen una rica fuente de fitoquímicos, minerales y vitaminas, los cuales pueden ser evaluados más a fondo para su uso como ingrediente importante para medicamentos.

El alto contenido total de fibra dietética y una proporción equilibrada entre la fibra dietética insoluble y la fibra dietética soluble tanto en el pseudotallo como en la flor de banana son objetivos atractivos para la industria alimentaria.

Trabajos Futuros

Se deben seguir realizando más estudios para la obtención de extractos vegetales en la flor del plátano e intentar innovar e incursionar en nuevos alimentos aprovechando sus propiedades y su calidad nutritiva. Para ello se debe mejorar el método de extracción de cada fitoquímico, ya que el método de extracción debe tener en cuenta la naturaleza de la muestra y el enfoque biológico al cual se dirija. Además, se debe tratar que estos métodos de extracción sean amigables con el medio ambiente, ya que uno de los principales objetivos del uso de estos extractos es la disminución de residuos que afecten el medio ambiente.

En la flor del plátano se ha reconocido la presencia de saponinas, flavonoides, taninos, fitatos, entre otros metabolitos, a los cuales se les debe buscar una aplicación no sólo en la industria alimenticia, sino también en otras industrias como en la farmacéutica.

Referencias

- Afam I. O. Jideani and Tonna A. Anyasi,(2018) Function and Processing Kinetics IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.83369. Sitio web: <https://www.intechopen.com/chapters/69451>
- Salvador, i.f. consumer acceptability of banana blossom sisig. unej e-Proceeding, 2018, p. 336-350.
- Agronet, Ministerio de Agricultura-Colombia. (2016). Área sembrada y área cosechada del cultivo de plátano 2007-2014. Sitio web: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Pl%C3%A1tano.pdf#search=platano>
- American Journal of Analytical Chemistry (2014). Estadística: Producción mundial de plátano en 2015, por región (en miles de toneladas métricas).
- Arango, O., Bolaños, V., Ricaurte, D, Caicedo, M. & Guerrero, Y. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). Universidad y Salud, 14(2), 161-167.
- http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-710720120002000006&lng=en&tlng=es.
- Barrera, J. (2011). El cultivo de plátano (musa aab simmonds): ecofisiología y manejo cultural sostenible. Sitio web: <https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>
- Bhaskar JJ, S M, Chilkunda ND, Salimath PV. (2012). Banana (Musa sp. var. elakki bale) flower and pseudostem: dietary fiber and associated antioxidant capacity. J Agric Food Chem. 2012 Jan 11; 60 (1):427-32. doi: 10.1021/jf204539v. Epub 2011 Dec 12. PMID: 22122826.
- Calvo, N., Echeverría, H., Sainz, H. (2008). Comparación de métodos de determinación de

- nitrógeno y azufre en planta: implicancia en el diagnóstico de azufre en trigo. Buenos Aires Argentina. Ciencia del Suelo. dec2008, Vol. 26 Issue 2, p161-167. 7p
- Carvalho da Silva, S., Wisniewski, C., Orival Luccas, P., Schmidt de Magalhães, C. (2013). Enzyme from Banana (*Musa sp.*) Extraction Procedures for Sensitive Adrenaline Biosensor Construction.
- Collazos, A. (2017). Implementación de 10.000 m² de plátano (*musa paradisiaca*) variedad hartón en el departamento del Caquetá, municipio de San Vicente del Caguán.
- Elaveniya, E. y Jayamuthunagai, J. (2014). Functional, physicochemical and anti-oxidant properties of dehydrated banana blossom powder and its incorporation in biscuits. International Journal of ChemTech Research, 2014, vol. 6, no. 9, p. 4446-4454
- Espinal C, Martinez H, Peña Y. (2006). La cadena del plátano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 61. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. Bogotá-Colombia. <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Cadenas/platano.pdf>
- Espinoza, A. (2013). Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*).
- Gobierno del Estado de Colima (2005). Paquete tecnológico para el cultivo del plátano, INIFAP. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro/Campo Experimental Tecomán., pp. 8-10.
- González Lizcano, L. (2017). Aumento de la producción del cultivo de plátano en la vereda Monserrate del municipio de Arauca.
- Granda R., Diana M., Mejía G., Amanda I., & Jiménez T., Gloria A. (2005). Utilización De

- Residuos de Plátano para la Producción de Metabolitos Secundarios por Fermentación en Estado Sólido Con El Hongo *Lentinus crinitus*. *Vitae*, 12(2), 13-20.
- http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042005000200002&lng=en&tlng=es
- Guerra O, Beltrán, Libreros K. (2017). Elaboración De Torta De Flor De Plátano (*Musa Paradisiaca*) Para Hamburguesa de Universidad Nacional Sitio web: <https://download.docslide.net/documents/articulo-cientifico-torta-de-flor-de-platano.html>
- J, Ly. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad.
- John, S.G., Sangamithra, A., VEerapandian, C., Sasikala, S. Y Sanju, V. (2014). Mathematical modelling of the thin layer drying of banana blossoms. *J Nutritional Health Food Engg*, 2014, vol. 1, no. 2, p. 8.
- La revista internacional sobre el banano et plátano, Infomusa (2001).
- Meek, E., & Aldana Navarrete, H. (2001). Acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano en Colombia. IICA.
- Meneses, M. M., Agatón, L. L., Gutiérrez, L. F. M., Mendieta, L. E. G., & Botero, J. D. (2012). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 5(9), 128-139.
- Mera, A. Alumnas emprendedoras de la Cumbre, Valle crearon la “Burgerllota”. En: *El Pais*. 2012.
- Miller, R. What is a banana flower? Homeguides. SFGATE., s.f
- Nadumane, V.K. Y Timsina, B. (2014). Anti-cancer potential of banana flower extract: An in vitro study. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 2014, vol. 9, no. 4, p. 628-635.

- Pandey, N. y Budhathoki, U. (2007). Scientific World 5, 5, 85-88. Protein determination through Bradford's Method of Nepalese mushroom
- Okareh, O. T., Adeolu, A. T., & Adepoju, O. T. (2015). Proximate and mineral composition of plantain (*Musa Paradisiaca*) wastes flour; a potential nutrients source in the formulation of animal feeds. *African Journal of Food Science and Technology*, 6(2), 53-57.
- Olmos, A. (2015). Cadena productiva plátano departamento del casanare. Secretaria de Agricultura y Ganaderia y medio Ambiente.
<http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=37815&download=Y>
- Omole AJ, Ajasin FO, Oluokun JA, Obi, O. (2008) Performance characteristics of weaned rabbit fed plantain peel as replacement for maize. *J. Nutr. Food*. 38:559-563.
- Osma JF, Herrera JLT, Couto Sr (2007). Banana skin: A novel waste for lactase production by *Tramets pubescens* under solid-state conditions. Application to synthetic dye decolouration. *Dye pigments* 5:32-37.
- Ramírez-Bolaños, S. & Pérez-Jiménez, J. & Diaz, S. & Robaina, L. (2021). Potential of banana flower and pseudo-stem as novel ingredients rich in phenolic compounds. *International Journal of Food Science & Technology*. 56. 10.1111/ijfs.15072.
- Ramu, R., Shirahatti, P.S., Zameer, F., Dhananjaya, B. Y Prasad, N.(2016). Correction: Assessment of In Vivo Antidiabetic Properties of Umbelliferone and Lupeol Constituents of Banana (*Musa sp. var. Nanjangud Rasa Bale*) Flower in Hyperglycaemic Rodent Model. *PloS one*, 2016, vol. 11, no. 7, p.
- Ramu, R. & Shirahatti, P. & Anilakumar, K. & Nayakavadi, Sh. & Zameer, F. & Bhadrappura L., Dhananjaya & Prasad M N, Nagendra. (2017). Assessment of Nutritional Quality and Global Antioxidant Response of Banana (*Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale*)

- Pseudostem and Flower. *Pharmacognosy Research*. 9. S74-83. 10.4103/pr.pr_67_17.
- Ribotta, A., Griffa, S., Lopez, E., Grunberg, K., Biderbost, E. (2005) Determinación del contenido proteínico en materiales seleccionados de *Cenchrus ciliaris* L., *Chloris gayana* K. y *Panicum coloratum*. L. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal. *Pastos y Forrajes*, Vol. 28, No. 3.
- Rinah K. Netshiheni, Adewale O. Omolola, Tonna A. Anyasi and Afam I.O. Jideani (2019). *Banana Bioactives: Absorption, Utilisation and Health Benefits, Banana Nutrition*.
- Sitthiya, K., Devkota, L., Sadiq, M.B. Y Anal, A.K. (2018) Extraction and characterization of proteins from banana (*Musa Sapientum* L) flower and evaluation of antimicrobial activities. *Journal of food science and technology*, 2018, vol. 55, no. 2, p. 658- 666.
- Solís, Adalberto (2007) Cultivo de plátano en México.
- Urribarrí C., A, L, Ferrer, O, & Colina, A. (2004). Extracción y precipitación de las proteínas solubles del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Mott). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(3), 268-279.
- http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000300006&lng=es&tlng=es

Anexos

Anexo 1

Resultados Bibliográficos de la base de datos Scopus

Palabras claves	Operador	Resultados totales
Booleano		
Protein,extraction	AND	98754
protein, extraction, plant	AND	21538
Protein, extraction plant , Plantain	AND	62
protein extraction, plants, plantain y plantain wastes	AND	14
Plantain protein, protein Extraction	OR	15440
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR	1739

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.

Anexo 2

Resultados bibliográficos de la base de datos Scielo

Palabras claves	Operador booleano	Resultados
		Totales
Protein,extraction	AND	404
Protein, extraction	OR	871 665
protein, extraction, plant	AND	35
Protein, extraction plant ,plantain	OR	57 192
protein extraction, plants,plantain y plantain wastes	AND	0
Plantain protein, protein extraction	OR	60
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR	28 669

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.

Anexo 3*Resultados bibliográficos de la base de datos Science Direct*

Palabras claves	Operador booleano	Resultados totales
Protein,extraction	AND	1.342.721
protein, extraction, plant	AND	527.887
Protein, extractionplant , plantain	AND	8.123
protein extraction, plants, plantain y plantainwastes	AND	2
Plantain protein,protein extraction	OR	111.253
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR	6.775.877

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.

Anexo 4*Resultados bibliográficos de la base de datos Dialnet*

Palabras	Operador	Resultados
Claves	Booleano	Totales
Protein,extraction	AND	5
protein, extraction, plant	AND	0
Protein, extraction plant , plantain	AND	6.248
protein extraction,plants, plantain y plantain wastes	AND	45.245
Plantain protein, protein extraction	OR	29.894
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR	750

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.

Anexo 5

Resultados bibliográficos de la base de datos Redalyc

Palabras claves	Operador booleano	Resultados totales
Protein,extraction	AND	5
Protein, extraction, Plant	AND	0
Protein, extraction plant , plantain	AND	6.248
Protein extraction, plants, plantain y plantainwastes	AND	45.245
Plantain protein, protein extraction	OR	29.894
Plantain protein, protein extraction, wastes	AND, OR	750

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.

Anexo 6 *Resultados bibliográficos*

Palabras claves	Booleano	Resultados totales Dialnet	Resultados totales Redalyc	Resultados totales Scopus	Resultados totales Scielo	Resultados totales Science Direct
Protein,extraction	AND	391	5	98754	04	1342721
Protein,extraction	OR	51.039			71665	
Protein,extraction, plant	AND	55	0	21538	5	527887
Protein,extraction plant, plantain	OR	157.817			7192	
Protein,extraction plant, plantain	AND		6248	62		8123

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica realizada.