



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MAESTRÍA EN QUÍMICA APLICADA

Tema:

CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL MAÍZ PÚRPURA INIAP 199
(*Zea mays L.*) DE LA PROVINCIA BOLÍVAR.

AUTOR:

Avalos Espinoza Daniela Paola

DIRECTOR:

Dra. Noriega Verdugo Delia

MILAGRO, MAYO, 2023

ECUADOR

CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA TUTORA

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por la Sra. Med. Vet. Daniela Paola Avalos Espinoza, para optar el título de Magíster en Química Aplicada y que se aceptó tutoriar a la maestrante, durante la etapa de desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Que he revisado, analizado los resultados y la propuesta de la investigación, presentados en el informe final, sobre la CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL MAÍZ PÚRPURA INIAP 199 (*Zea mays L.*) DE LA PROVINCIA BOLÍVAR, como requisito para su aprobación y optar al título de Magister en Química Aplicada.

Milagro, a los 20 días del mes de septiembre de 2022.



Firmado electrónicamente por:
**DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO**

Dra. Delia Noriega Verdugo

CI 0917222218

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Daniela Paola Avalos Espinoza, declaro en honor a la verdad ante el Comité Académico del programa de Maestría en Química Aplicada de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de autoría propia, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 5 días del mes de mayo de 2023



Avalos Espinoza Daniela Paola

CI 0201833647

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN QUÍMICA APLICADA**, presentado por **MVZ. AVALOS ESPINOZA DANIELA PAOLA**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL MAÍZ PÚRPURA INIAP 199 (ZEA MAYS) DE LA PROVINCIA BOLÍVAR ", las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	60.00
DEFENSA ORAL	39.33
PROMEDIO	99.33
EQUIVALENTE	Excelente



Firmado electrónicamente por:
**VERONICA ESTEFANIA
MONSERRATE MAGGI**

**MONSERRATE MAGGI VERONICA ESTEFANIA
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**JUAN DIEGO
VALENZUELA COBOS**

**Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
VOCAL**



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY ANDRES
ESPINOZA CARRASCO**

**Mgs. ESPINOZA CARRASCO FREDDY ANDRES
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi amado Abuelo Luis, a quien extraño cada día, pero me acompaña por siempre, a mis padres Carlos y Catina que jamás me han abandonado; a mi esposo Juan Carlos, a quien amo con todo mi ser y sin el cual nada sería posible; a mis hijos Camila y Juan Martín quienes espero que un día vean que todo es por ellos; y a mis hermanos Carlos y Antonella quienes son mi corazón y para quienes espero ser ejemplo de dedicación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar cada uno de mis pasos, por ser mi fuente de fe y fortaleza.

A cada una de las personas que encontré en mi camino y que fueron apoyo fundamental en este proceso.

A la Universidad Estatal de Milagro, institución que ha permitido mi crecimiento académico y personal.

A la Doctora Delia Noriega, pilar esencial en mi formación, quien con paciencia y dedicación me ha fortalecido cada vez que he encontrado obstáculos en el camino.

A la Universidad Estatal de Bolívar, de manera especial al Doctor Carlos Ribadeneira Zapata, Vicerrector de Investigación y Vinculación y a su equipo de trabajo Ing. Marcelo Vilcacundo Msc, Ing. Roberto Moran, Ing. María Fernanda Quinteros; quienes me nutrieron día a día con sus conocimientos y por quienes siempre sentiré una profunda admiración y respeto.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL MAÍZ PÚRPURA INIAP 199 (*Zea mays L.*) DE LA PROVINCIA BOLÍVAR, y que corresponde al Vicerrectorado de Investigación y Postgrado.

Milagro, 5 de mayo de 2023.



Firmado electrónicamente por:
**DANIELA PAOLA
AVALOS ESPINOZA**

Daniela Paola Avalos Espinoza

0201833647

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.7. ALCANCE Y LIMITACIONES	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	8
2.1. CONTENIDO TEÓRICO QUE FUNDAMENTA LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1. <i>Generalidades del Zea mays L. (Maíz morado)</i>	8
2.1.2. <i>Variedad</i>	8
2.1.3. <i>Composición química del Zea mays L.</i>	9
2.1.4. <i>Usos del maíz morado y sus beneficios</i>	10
2.1.5. <i>Compuestos polifenólicos</i>	10
2.1.5.1. <i>Polifenoles totales</i>	10
2.1.5.2. <i>Uso de los polifenoles totales</i>	11
2.1.5.3. <i>Flavonoides</i>	12
2.1.5.4. <i>Propiedades químicas de los flavonoides</i>	13
2.1.5.5. <i>Efectos anticancerígenos de flavonoides</i>	13

2.1.5.6.	<i>Antocianinas</i>	14
2.1.5.7.	<i>Estructura de la antocianina</i>	15
2.1.5.8.	<i>Actividad antioxidante de la antocianina en el maíz morado</i>	16
2.1.6.	<i>Determinación analítica de metabolitos secundarios</i>	17
2.1.7.	<i>Cromatografía Líquida</i>	19
2.1.8.	<i>Espectrometría de masas</i>	22
2.1.9.	<i>Efectos de los polifenoles en la salud humana</i>	25
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO		27
3.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.	LOS MÉTODOS Y LAS TÉCNICAS	28
3.2.1.	MATERIALES	28
3.2.1.1.	<i>Material experimental</i>	28
3.2.1.2.	<i>Materiales del Laboratorio</i>	28
3.2.1.3.	<i>Equipos</i>	28
3.2.1.4.	<i>Reactivos</i>	29
3.2.2.	<i>Obtención de la muestra</i>	30
3.2.3.	<i>Obtención del extracto metanólico</i>	30
3.2.4.	<i>Polifenoles totales</i>	30
3.2.5.	<i>Flavonoides totales</i>	31
3.2.6.	<i>Antocianinas totales</i>	31
3.2.7.	<i>Identificación de polifenoles mediante UHPLC</i>	32
3.3.	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.....	34
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		35
4.1.	ANÁLISIS DE POLIFENOLES TOTALES.....	35

4.2.	ANÁLISIS DE FLAVONOIDES TOTALES	37
4.3.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS TOTALES.....	38
4.4.	ANÁLISIS DE POLIFENOLES MEDIANTE UHPLC ACOPLADO A MASAS	40
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		49
5.1.	CONCLUSIONES	49
5.1.	RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA		51
ANEXOS		68
ANEXO 1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		68
ANEXO 2. OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DEL EXTRACTO		69
ANEXO 3. ANÁLISIS DE POLIFENOLES, FLAVONOIDES Y ANTOCIANINAS.....		70
ANEXO 4. ANÁLISIS UHPLC		71

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Contenidos de Carbohidratos</i>	10
Tabla 2. <i>Parámetros geográficos y climáticos</i>	27
Tabla 4. <i>Análisis de polifenoles totales</i>	35
Tabla 5. <i>Análisis de flavonoides totales</i>	37
Tabla 6. <i>Análisis de antocianinas totales</i>	38
Tabla 7. <i>Identificación tentativa de compuestos fenólicos en extractos de maíz púrpura (Zea Mays L.) mediante UHPL acoplado a masas.</i>	40

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Composición de los granos de maíz morado en base seca (%)</i>	9
Figura 2. <i>Principales estructuras químicas de los flavonoides.</i>	13
Figura 3. <i>Estructura química de las antocianinas</i>	15
Figura 4. <i>Clasificación de las técnicas cromatográficas.</i>	20
Figura 5. <i>Diseño esquemático de un sistema HPLC.</i>	21
Figura 6. <i>Esquema de un espectrómetro de masas. MALDI: desorción/ionización por láser asistida por matriz; ESI: ionización por electrospray; m/z: ratio masa/carga.</i>	23
Figura 7. <i>Conversión de la información digital a un espectrómetro de masas.</i>	24
Figura 8. <i>Tiempo de corrida de la muestra</i>	33
Figura 9. <i>Cromatograma del Ácido gálico 4-O-glucósido</i>	41
Figura 10. <i>Cromatograma de la Apigenina</i>	42
Figura 11. <i>Cromatograma de la Catequina</i>	43
Figura 12. <i>Cromatograma del Coumaroyl glucose</i>	44
Figura 13. <i>Cromatograma de la Dihidroquercetina.</i>	45
Figura 14. <i>Cromatograma del Geraldone</i>	46
Figura 15. <i>Cromatograma de la Miricetina.</i>	47
Figura 16. <i>Cromatograma de la Quercetina.</i>	48

RESUMEN

Este estudio evaluó los compuestos fenólicos presentes en el maíz púrpura (*Zea mays L.*) INIAP 199, mediante espectrofotometría y cromatografía líquida de ultra alta resolución demostrando los beneficios que reporta a la salud humana. En este trabajo investigativo se plantearon dos objetivos, (i) Cuantificar el contenido total de polifenoles, flavonoides y antocianinas presentes en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) mediante espectrofotometría y (ii) Analizar polifenoles por cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a espectrometría de masas en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*). Se realizó el extracto metanólico de los granos y se sometió al análisis bajo el método de Folin-Cicalteu para la determinación de polifenoles totales, se realizó la determinación de los flavonoides totales por espectrofotometría siguiendo el método descrito por Ramos-Escudero et al., (2012), se utilizó método diferencial de pH de AOAC para la determinación de antocianinas y por último se utilizó equipo UHPLC acoplado a masas para la identificación de los polifenoles. Los resultados de este estudio demostró que esta variedad tiene un alto contenido de polifenoles como por ejemplo ácido gálico 4-O-glucósido, apigenina, catequina, coumaroyl glucose, dihidroquercetina, geraldone, miricetina y la quercetina que tienen una importante actividad biológica como antidiabéticos, antitumorales, antialérgicos, previenen la obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades de tipo neurológico y coronario, problemas psicológicos que convierte al maíz púrpura en un producto beneficioso para la salud humana.

Palabras claves

Polifenoles, Antocianinas, Flavonoides, UHPLC

ABSTRACT

This study evaluated the phenolic compounds present in purple corn (*Zea mays L.*) INIAP 199, by means of spectrophotometry and ultra-high performance liquid chromatography, proving the benefits for human health. In this research work, two objectives were set, (i) to quantify the total content of polyphenols, flavonoids and anthocyanins present in the methanolic extract of INIAP 199 (*Zea mays L.*) purple corn kernels by spectrophotometry and (ii) to analyze polyphenols by ultra-high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry in the methanolic extract of INIAP 199 (*Zea mays L.*) purple corn kernels. The methanolic extract of the grains was made and subjected to analysis under the Folin-Cicalteu method for the determination of total polyphenols, the determination of total flavonoids by spectrophotometry was performed following the method described by Ramos-Escudero et al., (2012), AOAC pH differential method was used for the determination of anthocyanins and finally UHPLC equipment coupled to mass was used for the identification of polyphenols. The results of this study showed that this variety has a high content of polyphenols such as gallic acid 4-O-glucoside, apigenin, catechin, coumaroyl glucose, dihydroquercetin, geraldone, myricetin and quercetin that have an important biological activity as antidiabetic, antitumor, antiallergic, prevent obesity, type 2 diabetes, neurological and coronary diseases, psychological problems that makes purple corn a beneficial product for human health.

Key-words

Polyphenols, Anthocyanins, Flavonoids, UHPLC,

INTRODUCCIÓN

La provincia Bolívar se caracteriza por ser productora a gran escala de maíz; la mayoría de las familias basan su sustento económico y alimenticio en esta especie; sin embargo, existen pocos estudios realizados a nivel bromatológico que demuestren el contenido molecular de los mismos y sus posibles beneficios a nivel nutricional. Actualmente, la sociedad busca una alimentación más saludable y que aporte beneficios nutricionales más orgánicos frente a un mercado que se resiste a ser sostenible.

Este estudio tiene la finalidad de caracterizar los polifenoles, flavonoides y antocianinas en el maíz púrpura (*Zea mays L.*), INIAP-199, variedad obtenida en colaboración del INIAP y la Universidad Estatal de Bolívar. En este trabajo investigativo se plantea dos objetivos, (i) cuantificar el contenido total de polifenoles, flavonoides y antocianinas presentes en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) mediante espectrofotometría, y (ii) analizar polifenoles por cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a espectrometría de masas en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*).

Para cumplir con este propósito, se tomará una muestra proveniente de un cultivo en las instalaciones de la Universidad Estatal de Bolívar, se cosechará a mano una vez que las semillas alcancen la madurez fisiológica y comercial; posteriormente, se desgranará manualmente y se secarán en un tendedero al aire libre hasta alcanzar una humedad del 14%. Luego se hará el retiro de impurezas, secado, pulverizado y finalmente se realizará la extracción de los extractos sujetos de estudio, los mismos que serán sometidos al análisis bajo el método de Folin-Cicalteu para la determinación de polifenoles totales. Además, se realizará la determinación de los flavonoides totales por espectrofotometría. Por otro lado, se utilizará el método diferencial de pH de AOAC para la determinación de antocianinas; por último, se utilizará equipo UHPLC para la identificación de los polifenoles.

Esta investigación nos ayudará en a describir las propiedades del maíz púrpura, INIAP-199, así como sus beneficios nutricionales que parten de entender el mecanismo de acción de sus componentes fitoquímicos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays L.*) ocupa el tercer lugar dentro de los cultivos más importantes alrededor del mundo (Cuevas-Rodríguez et al., 2006), se estima que su producción. Es de 1420'870.272 toneladas de peso en un espacio aproximado de 24'3275645 millones de hectáreas durante el 2020 (FAOSTAT, 2020). El maíz es una especie central de la alimentación de nuestra cultura; considerándola como elemento indispensable para la soberanía y seguridad alimentaria (González-Cortés et al., 2016).

En Ecuador, el maíz es considerado uno de los principales productos agrícolas y se estima que en 2020 se cosecharon más de 341.301 hectáreas con una producción total de 1'304884 toneladas, significando un rendimiento aproximado de 38233 hg/ha (FAOSTAT, 2020). El maíz pertenece al género *Zea* de la familia de las Poacea (Ul-Allah et al., 2020). Existe gran variedad de maíz en cuanto a colores se refiere; está el amarillo, el marrón, el morado entre otros; en este estudio en particular se hará referencia al maíz púrpura, conocido como maíz morado, siendo originario de la región andina, teniendo mayor producción en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Mrad et al., 2014; Z. Yang & Zhai, 2010a).

El cultivo de este cereal está extendido por todo el mundo desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud, en zonas con precipitaciones entre 250 mm y 5000 mm (Kabir et al., 2019). A nivel mundial, los países con mayor producción son Estados Unidos con el 30%, seguido de China con el 15%, La Unión Europea 14%, Brasil 4% y la India 3% (Kabir et al., 2019). Este cereal es utilizado para la

alimentación humana y animal; debido a su composición química y su excelente valor nutritivo ya que se estima que sus granos contienen un alto contenido de almidón (72%), un 7-13% de contenido de proteínas, un 2,5% de fibra y un 4,8% de aceite; así como vitaminas y minerales (Carrillo et al., 2017; Cuevas-Rodríguez et al., 2004; Govender et al., 2008; Moreira et al., 2015).

Se ha descrito en varias oportunidades las bondades de los extractos de algunas plantas en cuanto a su contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas (Lao et al., 2017; Q. Zhang et al., 2019). Es por esta razón, que desde hace mucho tiempo, el valor nutricional del maíz ha empezado a llamar la atención de la industria alimentaria por sus propiedades biológicas y antioxidantes (Carrillo et al., 2016). En la industria alimentaria, las propiedades antioxidantes del maíz, se utilizan ampliamente en la preservación de alimentos procesados con la finalidad de prevenir la oxidación lipídica (Saito et al., 2003; Vilcacundo et al., 2017).

Nuevas investigaciones han demostrado que sus propiedades biológicas y antioxidantes, juegan un papel importante en la prevención del cáncer (Gawlik-Dziki et al., 2013; Nieva-Echevarría et al., 2015), razón por la cual, el interés por parte de la sociedad en encontrar productos de origen natural con propiedades importantes para mantener un estado de salud es cada vez más frecuente (A. K. Das & Singh, 2015; Vilcacundo, Barrio, et al., 2018; Vilcacundo, Miralles, et al., 2018).

1.2. Delimitación del problema

Esta investigación científica cuantifica los polifenoles del extracto metanólico de los granos de maíz púrpura (*Zea mays L.*), de la provincia Bolívar, demostrando los beneficios a la salud humana.

1.3. Formulación del problema

Demostrar que la presencia de compuestos fenólicos en la variedad INIAP 199 (maíz púrpura o racimo de uva) justifica sus posibles beneficios a la salud humana.

1.4. Objetivo general

Evaluar los compuestos fenólicos presentes en el *Zea mays L.* (maíz púrpura), mediante espectrofotometría y cromatografía líquida de ultra alta resolución demostrando los beneficios que reporta a la salud humana.

1.5. Objetivos específicos

- Cuantificar el contenido total de polifenoles, flavonoides y antocianinas presentes en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) mediante espectrofotometría.
- Analizar polifenoles por cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a espectrometría de masas en el extracto metanólico de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*).

1.6. Justificación

En la provincia Bolívar existen muchos estudios relacionados al maíz y sus propiedades; sin embargo, la variedad INIAP 199, se desarrolló exclusivamente en provincias de la sierra en altitudes que van desde los 2400 msnm a los 3000 msnm.

El maíz es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal, usado para producir granos y forraje, los cuales constituyen la base para la elaboración de alimentos tanto para el ser humano como para los animales, así como, variedad de productos para las industrias farmacéutica y manufacturera.

El maíz tiene mayor importancia mundial, ya que se cultiva en todos los países del mundo, y de ella se puede obtener: harina, fibra, aceite, proteínas, antocianinas para alimentación humana; de la proteína se puede obtener albúminas, globulinas, prolaminas y gluteninas (Correa et al., 2017).

Recientes estudios han dado a conocer un alto contenido de pigmentos en los granos de maíz que además son utilizados como colorantes naturales y demás se extrae etanol (Somavat, Li, González, et al., 2016). El maíz (*Zea mays L.*) tiene un papel de relevancia en la alimentación humana y animal ya que el grano de maíz aporta de 15% al 56% de calorías diarias en la población, y a nivel mundial (Xin et al., 2020).

Este estudio es muy importante ya que los componentes encontrados en la variedad INIAP 199, se puede utilizar en varias aplicaciones que van desde preparaciones alimenticias, pigmentos y en el campo medicinal por la presencia de antocianinas.

La presente investigación busca caracterizar los polifenoles, flavonoides y antocianinas de maíz púrpura (*Zea mays L.*), INIAP-199; con la finalidad de rescatar

su importancia en el campo alimenticio y medicinal (Cabrera-Ponce et al., 2019; Kopustinskiene et al., 2020; Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021).

1.7. Alcance y limitaciones

Esta investigación busca cuantificar los polifenoles existentes en el extracto metanólico del maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199 y determinar mediante UHPLC acoplada a masas aquellos componentes existentes, la principal limitación ha sido la poca existencia de estudios en este campo en la variedad INIAP 199 ya que está recién introducida en la provincia por lo que encontrar estudios para contrastar los resultados ha representado un limitante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.1.1. Generalidades del *Zea mays L.* (Maíz morado)

El maíz (*Zea mays L.*) es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal, es anual monoica y pertenece a la familia de las gramíneas; sus células tienen cromosomas $2n$. Christopher Colombo encontró al maíz en Haití para posteriormente llevarlo desde América hacia Europa luego, fue llevado por europeos hasta África y Asia, durante los siglos 16 y 17. No obstante, desde el siglo 19 se han expuesto diversas teorías para explicar el origen y la evolución del maíz, de las cuales una de las más aceptadas es que el predecesor directo del maíz es el Teosintle (Mejía, 2003).

El *Zea mays L.* variedad morado (maíz morado) es un cereal considerado sagrado y florece cultivado o en estado silvestre en diversos lugares de América, es una variedad genética de maíz peruano; una mazorca (tusa y grano) constituido en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa), este fruto contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano (Guillén-Sánchez et al., 2014).

2.1.2. Variedad

El INIAP, (2016), describe al *Zea mays L.* de la siguiente manera:

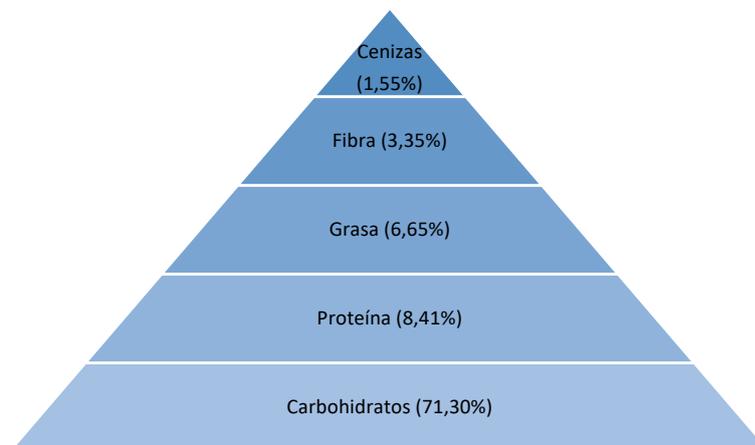
- Nombre: INIAP - 199 “Racimo de uva”
- Nombre común: Maíz negro

- Nombre científico: *Zea mays L.*
- Grupo: Amilacea
- Ecotipo: Racimo de uva
- Fecha de obtención de la variedad: 2016

2.1.3. Composición química del *Zea mays L.*

El maíz está conformado por el germen y el endospermo, el germen está constituido por el 11% de la masa seca, tiene un mayor porcentaje de proteínas hidrosolubles y endospermo está constituido por el 83% de la masa seca está formado en la mayor parte por almidón y proteínas liposolubles (albúminas, globulinas, zeínas o prolaminas y gluteninas) (Correa Navarro et al., 2017).

Figura 1. Composición de los granos de maíz morado en base seca (%)



Elaborado por: Daniela Avalos

Fuente: (Singh, Singh, & Shevkani, 2019)

Tabla 1. *Contenidos de Carbohidratos*

Compuesto	Porcentaje
Almidón	70%
Hemicelulosas	3%
Celulosa	2,5%
Azúcares libres	2,5%

Elaborado por: Daniela Avalos

Fuente: (N. Singh et al., 2019).

2.1.4. Usos del maíz morado y sus beneficios

El maíz tiene muchos usos para la alimentación humana y animal y también como materias primas en la transformación de almidón industrial, obtención de edulcorantes, dextrinas, obtención de etanol, alcohol industrial, jarabes (Helstad, 2019). El maíz morado tiene varios componentes que pueden bajar la incidencia de colesterol, cáncer, diabetes, y obesidad (Zheng et al., 2020).

Díaz, Castro, Pesántez, & Castro, (2016) manifiestan que el pigmento natural existente en el maíz morado brinda muchas aplicaciones en el campo medicinal así como, para tratar el cáncer; destacan igualmente si poder antioxidante e hipocolesterolémico. También reduce la incidencia de las cataratas y previene el envejecimiento (He et al., 2019).

2.1.5. Compuestos polifenólicos

2.1.5.1. Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos son de origen natural, podemos encontrarlos en plantas, frutas, hortalizas, y cereales que son de un

extenso interés para la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia (Quiñones & Coy-Barrera, 2015).

Se caracteriza por ser compuestos que tiene una estructura que presenta un grupo –OH que se enlaza a un anillo aromático, a estos se les llaman compuestos fenólicos y cuando se repiten se les conoce como polifenoles totales (Barrera, Badan, & Sema, 2019). Son moléculas sumamente reactivas que por lo general están combinadas con azúcares, ácidos carboxílicos, lípidos, entre otros. Existen algunas clasificaciones que dependen de su complejidad, pudiendo ser flavonoides, antocianinas, taninos y muchos más (García Martínez et al., 2015).

2.1.5.2. *Uso de los polifenoles totales*

Estos compuestos orgánicos presentan varios efectos beneficiosos en la salud como la prevención del cáncer, también tienen propiedades antiinflamatorias, antialérgicas, antitumorales, antimicrobianas y antioxidantes (Cabrera, Valencia, & Trejo, 2019). Es importante en el campo investigativo debido a las cualidades como colorantes y a sus propiedades antioxidantes debido a la presencia de fenoles (Su & Chien, 2007). Toda variedad de maíz tiene compuestos fenólicos simples mientras que el maíz azul o morado contiene cantidades significativas de antocianinas (Serna-Saldívar et al., 2013).

2.1.5.3. *Flavonoides*

Los flavonoides son una clase importante de productos naturales; En particular, pertenecen a una clase de metabolitos secundarios vegetales que tienen una estructura polifenólica, ampliamente encontrada en frutas, verduras y ciertas bebidas. Tienen diversos efectos bioquímicos y antioxidantes favorables asociados con diversas enfermedades como el cáncer, la enfermedad de Alzheimer (EA), la arterioesclerosis, entre otras (Panche et al., 2016).

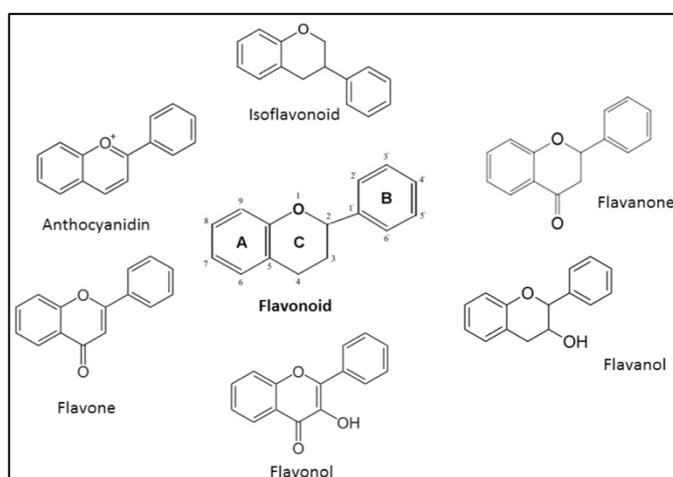
Los flavonoides son compuestos polifenólicos sintetizados en las plantas como metabolitos secundarios bioactivos responsables de su color, sabor y actividades farmacológicas. Las principales fuentes de flavonoides son las frutas y verduras y también son abundantes en productos de cacao, té negro y verde y vino tinto; entre las frutas, las bayas, las ciruelas, las cerezas y las manzanas son las más ricas en flavonoides, mientras que las frutas tropicales son pobres en flavonoides. Entre las verduras, los niveles más altos de flavonoides se encuentran en las habas, aceitunas, cebollas, espinacas, entre otras. Los flavonoides son potentes antioxidantes que protegen a las plantas de condiciones ambientales desfavorables, por lo que han atraído la atención y se han utilizado en numerosos estudios epidemiológicos y experimentales para evaluar sus posibles efectos beneficiosos en múltiples trastornos humanos agudos y crónicos. Los estudios in vitro e in vivo han demostrado que los flavonoides

podrían ejercer actividades antiinflamatorias, inmunomoduladores y anticancerígenas fuertes (Kopustinskiene et al., 2020).

2.1.5.4. *Propiedades químicas de los flavonoides*

Todos los flavonoides poseen el esqueleto básico de flavan, una cadena de fenilpropanoides de 15 carbonos (sistema C6-C3-C6), que forma dos anillos aromáticos (A y B) unidos por un anillo pirano heterocíclico.

Figura 2. Principales estructuras químicas de los flavonoides.



Fuente: (Kopustinskiene et al., 2020)

2.1.5.5. *Efectos anticancerígenos de flavonoides*

La capacidad de los flavonoides para eliminar los radicales libres, regular el metabolismo celular y prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo han sido demostradas en numerosos estudios. Existe evidencia acumulada de que muchos

flavonoides ejercen actividad anticancerígena, sin embargo, los mecanismos moleculares responsables de este efecto aún no se han dilucidado por completo. Los flavonoides ejercen una amplia variedad de efectos anticancerígenos: modulan las actividades enzimáticas de eliminación de ROS, participan en la detención del ciclo celular, inducen apoptosis, autofagia y suprimen la proliferación e invasividad de las células cancerosas (Kopustinskiene et al., 2020).

2.1.5.6. Antocianinas

Las antocianinas del griego anthos: 'flor' y kyáneos: 'azul' son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos; este término fue propuesto en 1835 por el farmacéutico alemán Ludwig Clamor Marquart (1804-1881) para describir el pigmento azul de la col lombarda (Fernández & Lizana, 2020).

Frecuentemente las antocianinas se utilizan como colorantes de origen natural tanto en alimentos como en maquillajes; el maíz púrpura es rico en antocianinas; pertenecen a la clase de flavonoides presentes en la materia vegetal y son responsables de los colores vivos expresados en flores, verduras, frutas y hojas.

Actualmente, las antocianinas se recuperan principalmente de frutas y verduras de color púrpura como arándanos, zanahorias

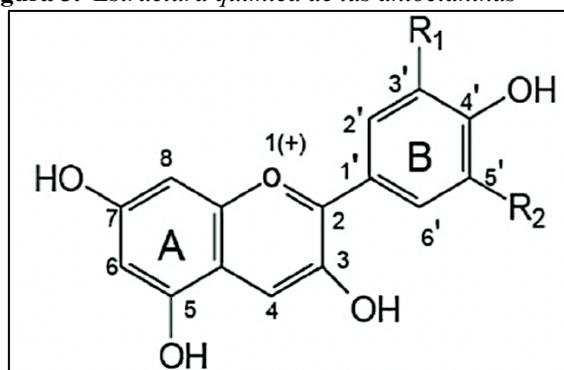
negras, entre otras; sin embargo el maíz púrpura proporciona importantes cantidades de este metabolito al tener una vida útil de almacenamiento más larga y con un contenido significativo de antocianinas, sin embargo, es importante determinar las propiedades provenientes de las moliendas de estas variedades para hallar su aptitud industrial (Somavat, Li, de Mejía, et al., 2016).

2.1.5.7. Estructura de la antocianina

Los compuestos fenólicos son sustancias que poseen un anillo aromático, un benceno, con uno o más grupos hidróxidos incluyendo derivados funcionales (ésteres, metil ésteres, glicósidos, etc.) (Fernández & Lizana, 2020).

La estructura química de las antocianinas es la siguiente:

Figura 3. Estructura química de las antocianinas



Fuente: (Chatham et al., 2019)

Para que exista una diferencia entre antocianinas, debe existir una variación entre número y posición de los grupos hidroxilos, metoxilo, naturaleza y el número de azúcares unidos a la molécula (Chatham et al., 2019).

2.1.5.8. *Actividad antioxidante de la antocianina en el maíz morado*

La capacidad antioxidante se refiere a la habilidad que tiene la molécula de captar el electrón desapareado del orbital externo de los radicales libres, disminuyendo el estrés oxidativo, es decir, disminuyendo la cantidad de especies oxidantes como las especies reactivas de oxígeno (EROs) y las especies reactivas del nitrógeno (RNS) (Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021a). Las EROs son producidas en el citosol, mitocondrias, peroxisomas, retículo endoplasmático, membrana plasmática y lisosomas; mientras que el RNS es producido en el metabolismo de los aminoácidos (Di Meo et al., 2016).

La producción de EROs y otros radicales libres es un proceso normal del metabolismo celular; sin embargo, la exposición a contaminantes ambientales, humo del tabaco y rayos X pueden generar un exceso de estos; el incremento de las sustancias reactivas permite la oxidación de biomoléculas importantes en el organismo como las proteínas, lípidos, carbohidratos y ácido desoxirribonucleico (ADN), generando la oxidación degenerativa de un tejido vivo y da lugar a diferentes patologías

como las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, mal del Parkinson, cáncer, tumores, entre otros (Sánchez-Valle & Méndez-Sánchez, 2013).

2.1.6. Determinación analítica de metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son productos de desecho a partir de metabolitos primarios como consecuencia de la fotosíntesis; pueden clasificarse en varios grupos como son los compuestos aromáticos, flavonoides, terpenoides entre otros y se han utilizado desde la antigüedad como base para la preparación artesanal de medicinas (Reyes-Silva et al., 2020). La determinación analítica de un metabolito secundario de una planta, parte del metabolismo de la planta; es decir, de la biosíntesis, transformación y degradación de varios compuestos internos; se realiza a través de proteínas especializadas, las cuales se derivan de procesos de diferenciación concretos (García, 2004).

Dentro de los metabolitos secundarios más destacados se encuentran los polifenoles, mismos que intervienen en el crecimiento de las plantas, su reproducción y los procesos defensivos en contra de agentes patógenos; desde la perspectiva de la salud humana, desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la misma y sobre la calidad de los alimentos; por estas razones, en los últimos años su actividad antioxidante ha sido lo que más llama la atención ya que tiene gran habilidad para quelar metales, inhibir la actividad de la enzima lipooxigenasa y actuar como atrapadores de radicales libres (García Martínez et al., 2015).

Actualmente existen algunas técnicas analíticas que permiten cuantificar estos metabolitos, dentro de los métodos más aplicados está la espectrofotometría de absorción, mismos que deben ser validados para su confiabilidad (Rojas A. et al., 2015).

La existencia de polifenoles y flavonoides totales se puede determinar mediante el ensayo Folin-Ciocalteu el cual se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin a un pH básico, dando así una coloración azul violácea la cual puede ser determinada con un espectrofotómetro con una curva de calibración a base de ácido gálico; este método también se puede considerar una manera de medir la capacidad antioxidante ya que es una reacción redox; este método es fiable, preciso y sobre todo sensible (García Martínez et al., 2015). La cuantificación se lleva a cabo a través de cromatografía líquida de alta resolución.

En el caso de las antocianinas, que son compuestos altamente estudiados por su capacidad antioxidante, el método comúnmente utilizado para la cuantificación es de pH diferencial que es un método espectrofotométrico que se sustenta en la transformación en la estructura de la antocianina a partir del cambio de pH; a pH 1 coloreadas y a pH 4.5 incoloras utilizando la ecuación de Lambert; las antocianinas al ser altamente delicadas, necesitan un método de extracción adecuado en donde se tome en cuenta su estabilidad, mecanismo de degradación o alteración del extracto; ya que si existe una alteración en este sentido, la extracción y cuantificación de las mismas se compromete (Zapata et al., 2014). Su carácter polar permite una alta solubilidad tanto en agua como en alcoholes o cetonas; sin embargo, su estabilidad se ve afectada con facilidad por

las modificaciones en su estructura que sufre con algunos grupos hidroxilos, glucósidos, entre otros, así como la luz y la temperatura (Kechinski et al., 2010).

2.1.7. Cromatografía Líquida

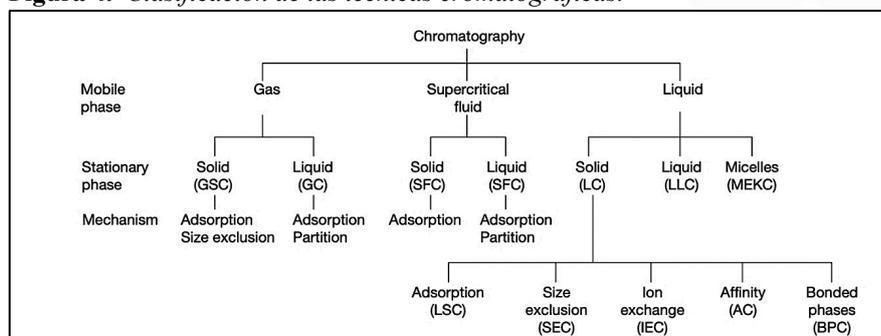
La definición de cromatografía inicia a principios del siglo XX, cuando el botánico Michael Tswett empleó esta técnica para separar pigmentos vegetales utilizando un hidrocarburo como disolvente y la inulina como fase estacionaria; esta separación a modo de bandas dio origen a la definición de cromatografía (Harris, 2013), a partir de la palabra griega “cromo” (color) y “grafo (escribir), aunque Tswett ha indicado que el método no depende del color, excepto para que sea más fácil ver las fracciones separadas (Collins et al., 2006).

Básicamente, la cromatografía se basa en el principio de separación, con la diferencia de que una fase se mantiene fija y otra móvil; la fase móvil atraviesa el sistema y porta consigo componentes aplicados a la muestra; la fase estacionaria, por el contrario, se mantiene fija en el sistema, es decir, no se mueve; mientras que los componentes de la muestra atraviesan este sistema, se retienen aquellos componentes que tienen interacciones más fuertes con la fase estacionaria, razón por la cual se moverán de forma lenta a comparación de aquellos más débiles; teniendo de esta manera una diferencia en la velocidad del desplazamiento de los componentes y la separación respectiva en el sistema (Hage, 2018).

Es necesario mencionar que, existe una clasificación de las técnicas cromatografías con relación a las fases empleadas para la separación,

explicándose de esta manera que se requieren dos fases diferentes para determinar el componente de distribución del mecanismo de separación, de esta forma, Poole, (2019) realiza la siguiente clasificación acorde a su fase móvil, a su fase estacionaria y su mecanismo de reparto:

Figura 4. Clasificación de las técnicas cromatográficas.



Fuente: (Poole, 2019)

En la figura 4 se puede apreciar que cuando la fase móvil es un gas, la fase estacionaria puede ser un líquido o un sólido y las técnicas de separación se denominan cromatografía gas-líquido (GLC) y cromatografía gas-sólido (GSC) siendo el mecanismo de retención regido por la adsorción interfacial o la exclusión del tamaño. Si la fase móvil es un fluido supercrítico (SFC), la fase estacionaria puede ser un líquido o un sólido, y el proceso de distribución puede ser la adsorción o absorción interfacial. Finalmente, si la fase móvil es un líquido, la fase estacionaria puede ser un sólido (LC) con adsorción interfacial (LSC) como proceso de distribución dominante, tamaño de exclusión (SEC), intercambio iónico (IEC), afinidad (AC) y la cromatografía de fases químicamente ligadas (Poole, 2019).

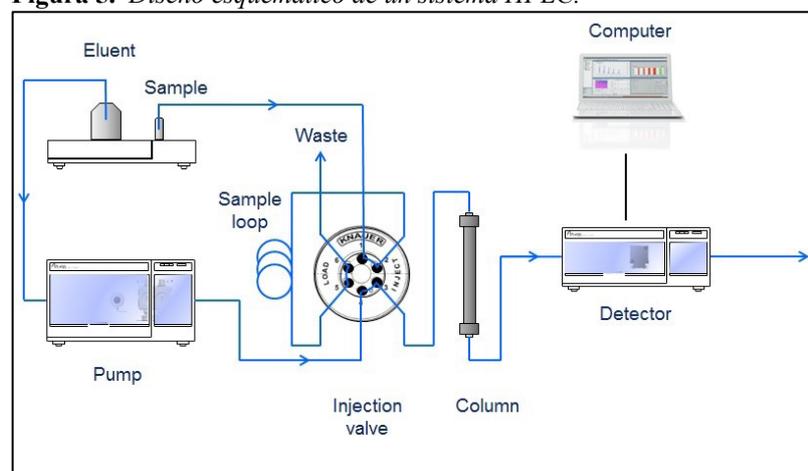
La cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), en vista de que es una técnica utilizada en diversidad de análisis; antiguamente se la conocía como LC de alta presión, pero en esencia sus principios implican la diferencia

de interacción existente entre los analitos la fase móvil así como la estacionaria (Sadiq & Beauchemin, 2020).

Hablando sobre el principio de separación de HPLC es importante describir que prácticamente se refiere a la distribución del analito entre una fase móvil y una estacionaria; la estructura del analito retrasa a las moléculas mientras atraviesan la fase estacionaria según su estructura química; el tiempo en la columna se define según la interacción de sus moléculas, como consecuencia, los componentes de la muestra se eluyen a diferentes tiempos y finalmente luego de este proceso se puede utilizar alguna unidad de detección para reconocer a los analitos tras su salida a través de la columna; finalmente esta información se analiza en un software que convierte y registra estos datos para mostrarlos en un cromatograma (Jandera, 2011; Meyer, 2013).

En un sistema HPLC se encuentra un depósito del solvente, la bomba, la válvula de inyección, la columna, la unidad detectora y finalmente la unidad en donde se procesa los datos obtenidos. El funcionamiento del equipo se describe a continuación:

Figura 5. *Diseño esquemático de un sistema HPLC.*



Fuente: (Böttcher et al., 2021)

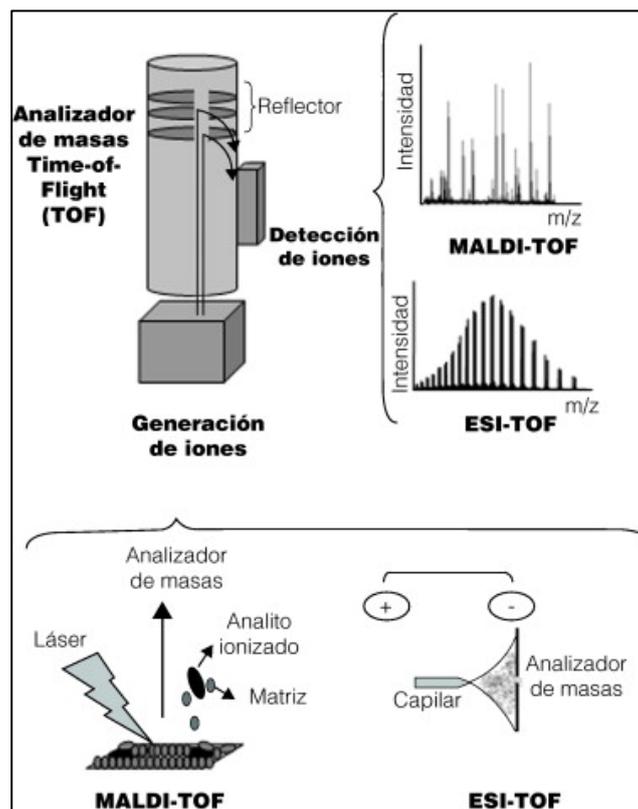
En la figura 5, el solvente se suministra a la bomba a alta presión con una velocidad constante, el analito se proporciona al eluyente mediante la válvula de inyección, si la fase móvil permanece constante durante el proceso de separación, el sistema HPLC se define como un sistema de elución isocrático pero si se cambia la composición de la fase móvil durante la separación, se lo define como un sistema de elución de gradiente que puede ser de baja presión (GLP) cuando la mezcla de los solventes se realiza arriba de la bomba y de alta presión (HPG) cuando los solventes se administran por bombas individuales y se mezclan luego en el lado de descargas (Meyer, 2013). Las principales fuerzas que actúan en las moléculas son las fuerzas de dispersión de London, interacciones dipolo, puente de hidrógeno, interacciones dieléctricas, interacciones electroestáticas (Suarez Ospina & Morales Hernández, 2018). La HPLC se centra en la identificación y separación adecuada de analitos en tiempos cortos tanto cuantitativa como cualitativamente; esta ventaja se usa en compuestos poco volátiles, termolábiles e iónicos como las proteínas, los hidrocarburos, fármacos, terpenos, entre otros; así mismo, esta técnica permite separar e identificar sustancias o grupos en un tiempo relativamente corto. (Gomis Yagües, 2008).

2.1.8. Espectrometría de masas

La espectrometría de masas es una técnica que se sustenta en obtener iones partiendo de moléculas orgánicas en fase gaseosa; luego de esta obtención se separan los iones por su masa y su carga que dará una información que permita determinar los compuestos existentes en la molécula (Pomilio et al.,

2011). Los espectrómetros de masas son considerados instrumentos cualitativos y cuantitativos que pueden ser muy pequeños o grandes, cada uno con aplicaciones diferentes y sistemas operativos que permiten su funcionamiento pudiendo ser más pequeño que una moneda o pueden llenar habitaciones muy grandes (Waters, 2013).

Figura 6. Esquema de un espectrómetro de masas. MALDI: desorción/ionización por láser asistida por matriz; ESI: ionización por electrospray; m/z: ratio masa/carga.

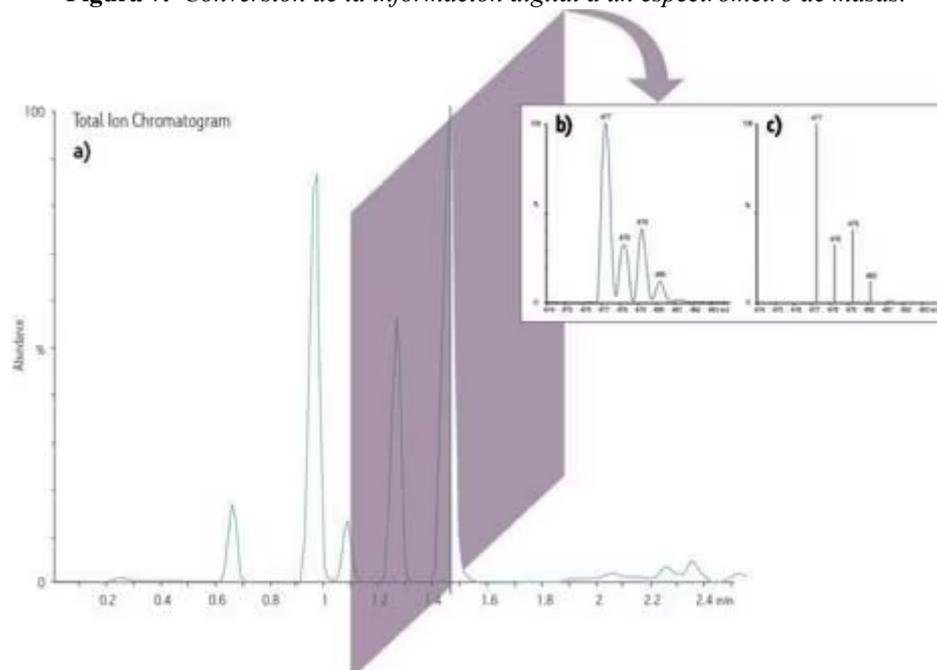


Fuente: Jordana-Lluch et al., (2012)

En la figura 6 se muestran los componentes principales de un espectrómetro de masa: una fuente de ionización que participa en la formación de iones, producidos por un aumento o pérdida de electrones lo que produce un aumento de la carga eléctrica; un analizador de masas que es el componente

principal que delimita la zona de vuelo en la cual los iones adquieren una alta energía cinética y se separan según su masa/carga y por último un detector que es la zona de impacto de los iones lo que produce un aumento de la resolución, a través de este detector se muestran las masas de los compuestos a analizar; estos tres elementos se encargan de mantener una atmósfera de vacío (Jordana-Lluch et al., 2012).

Figura 7. Conversión de la información digital a un espectrómetro de masas.



Fuente: Waters, (2013).

En la figura 7 se describe El aumento de la abundancia en la corriente total de iones que cambia con el tiempo en un corrido cromatográfico (a), el segmento de un pico que representa a los iones que constituyen la corriente iónica; el eje de las x (tiempo) relaciona la masa/carga (b) y finalmente se tiene el espectro que ofrece una imagen de alta resolución a manera de un gráfico de barras (c) (Waters, 2013).

2.1.9. Efectos de los polifenoles en la salud humana

Los polifenoles han sido reportados en grandes cantidades en alimentos como verduras, te, entre otros, esto evidentemente ha llamado el interés de los beneficios que aporta a la salud humana considerándolos incluso como los nuevos “probióticos” (Moorthy et al., 2020); en los seres humanos se han reportado una serie de beneficios para la salud; previniendo enfermedades cardiovasculares y el envejecimiento (Kwok et al., 2015; Tresserra-Rimbau et al., 2014), ayuda a modular significativamente la microbiota intestinal ya que estos compuestos al unirse con metales limitan la disponibilidad del hierro minimizando la producción de estos radicales y explicando a su vez su capacidad antioxidante (Medina-Larqué et al., 2020); así también, disminuye los riesgos de sufrir obesidad o diabetes (Greenberg, 2015; P. Wang et al., 2016), mejora la cognición y contrarresta el envejecimiento cerebral (Liu et al., 2017); sin embargo, existen algunos estudios que reportan riesgos potenciales (Cardona et al., 2013).

Actualmente, los polifenoles son ampliamente investigados por su biodisponibilidad y efectos sobre la salud humana, estos estudios recientemente han demostrado su poder antiviral (Kumar & Pandey, 2013; Tungmunnithum et al., 2018; Vuolo et al., 2019); mejoran la regulación positiva de las vías autofágicas y la disfunción endotelial (Baluchnejadmojarad & Roghani, 2006); tienen gran efecto neuroprotector (Sonee et al., 2004).

La Quercetina y el revestrol son los polifenoles más estudiados y que por lo tanto reportan más beneficios para la salud; los compuestos fenólicos si bien es cierto, no son considerados micronutrientes; sin embargo, poseen

propiedades antimicrobianas, antioxidantes, anticancerígenas, inmunomoduladoras y antiinflamatorias (Neri-Numa et al., 2020). La quercetina, es conocida por ser eliminadora de radicales libres, por lo que inhibe directamente los procesos oxidativos, ejerce protección contra la diabetes, problemas cardiovasculares, daño a los nervios, visión, entre otros (Haddad & Eid, 2017). El uso de quercetina y sus derivados glicosilados se ha mostrado beneficioso para combatir la colitis inducida en ratones, mejorando el colon y la pérdida de peso a consecuencia de la misma (Mahboob et al., 2022).

En otros estudios se demuestra también que los tratamientos utilizando polifenoles derivados del cacao han disminuido significativamente los marcadores cardiovasculares (García-Alloza et al., 2007); también, se ha estudiado el bloqueo de entrada que producen los polifenoles al momento de deshabilitar la replicación, interrumpir el empaquetamiento y mejorar la respuesta inmune del huésped ante procesos virales (Daval et al., 2010a; F. Yang et al., 2005); estudios más recientes demuestran que los polifenoles inhiben moléculas diana (TMPRSS2 y 3CLpro en SARs-CoV-2), con lo que se evita la entrada y replicación del virus (Daval et al., 2010b; Hafner-Bratkovič et al., 2008).

En cánceres cerebrales, los polifenoles promueven la generación de ROS en las células cancerosas logrando así atravesar la barrera hematoencefálica (Cheng et al., 2012), dando la posibilidad de usar terapias combinadas que permitan mejorar el tratamiento integral de la enfermedad; de igual forma se realizan constantemente investigaciones de las acciones de los polifenoles al momento de combatir los diferentes mecanismos de acción de la diabetes (Mahboob et al., 2022).

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar en los predios de la Universidad Estatal de Bolívar, sector Laguacoto II, en los Laboratorios de Investigación, cuya zona de vida corresponde al Bosque Húmedo Montano Bajo.

La situación geográfica y climática en la cual se desarrolló la especie sujeta a análisis fue:

Tabla 2. *Parámetros geográficos y climáticos*

Parámetros	Valor
Altitud	2800 msnm
Latitud	01°34'15" sur
Longitud	79°0'02" oeste
Temperatura mínima	8 °C
Temperatura media anual	13 °C
Temperatura máxima	26,44 °C
Humedad	30 %

Fuente: Estación Meteorológica, Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2017

En los últimos años, la investigación experimental ha dado grandes pasos y ha permitido que el departamento de Vinculación e Investigación, ubicado en el campus Laguacoto, cuente con laboratorios altamente equipados para realizar diversos estudios en áreas de gran interés.

La finalidad de este estudio es cuantificar los polifenoles existentes en el maíz morado (*Zea Mays L.*) de la variedad INIAP 199, la cual se siembra en la provincia y tiene importancia cultural y alimenticia en las comunidades.

3.2. Los métodos y las técnicas

3.2.1. Materiales

3.2.1.1. Material experimental

- Maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199.

3.2.1.2. Materiales del Laboratorio

- Vaso de precipitación
- Varilla de agitación
- Balones de aforo
- Tubos Eppendorf
- Puntas de pipetas automáticas
- Micropipetas automáticas
- Bandejas de plástico
- Magnetos
- Desecador
- Gradillas
- Probeta
- Columnas

3.2.1.3. Equipos

- Balanza analítica Shimadzu
- Molino Retsch Cyclone mill
- Plancha de calentamiento y agitación digital Glassco

- Baño Ultrasónico Fisher Scientific
- Centrífuga Eppendorf 5804R Germany
- Agitador magnético Multistirrer 6 múltiple Velp Scientifica
- Espectrofotómetro Thermo Scientific NanoDro One
Microvolume UV-Vis
- Agitador de laboratorio Thermo Fisher Scientific
- Calibrador de pH/ORP/Temperature Benchtop Meter 230V
HANNA Instruments
- Cromatógrafo de líquida ultra-alta resolución ACQUITY
UPLC WATERS
- Columna Acquity UPLC BEH C18 1,7 μm 2,1 * 50 mm

3.2.1.4.Reactivos

- Metanol 70%
- Ácido fórmico 0,1%
- Folin
- Carbonato de sodio
- Ácido Gálico
- Cloruro de aluminio 40%.
- Rutina
- Cloruro de potasio
- Ácido clorhídrico
- Acetato de sodio trihidratado
- Agua
- Acetonitrilo
-

3.2.2. Obtención de la muestra

La muestra de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) se consiguió en los predios de la Universidad Estatal de Bolívar, se molió la muestra en un molino (Retsch Cyclone mill), y se pesó 303 mg de muestra en una balanza analítica Shimadzu.

3.2.3. Obtención del extracto metanólico

Se prepararon los extractos metanólicos, con metanol al 70% y ácido fórmico al 0,1 %, empleando 303 mg de muestra. Esta solución se llevó a proceso de agitación en una plancha de calentamiento y agitación digital (Glassco), ultrasonificación en un baño Ultrasónico (Fisher Scientific) y centrifugación en la centrífuga (Eppendorf 5804R Germany) a temperatura ambiente, 500 rpm, durante 10 minutos en cada etapa (Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021).

3.2.4. Polifenoles totales

Se utilizó el método de Folin-Cicalteu, según Piñuel et al., (2019). Se mezclaron 40 μL de extracto, previamente preparado, con 40 μL de Folin, se agitó por un minuto en el agitador magnético (Multistirrer 6 múltiple Velp Scientifica) y se añadió 800 μL de carbonato de sodio al 7,5 %. Finalmente se aforo con agua a un volumen total de 1120 μL y se dejó reposar a temperatura ambiente y en oscuridad durante 60 minutos. Se determinó la absorbancia a una

longitud de onda de 750 nm con un espectrofotómetro (Thermo Scientific NanoDro One Microvolume UV-Vis). Se calculó las concentraciones con una curva de calibración con ácido gálico.

3.2.5. Flavonoides totales

Se siguió el método descrito por Ramos-Escudero et al., (2012). Se realizó una dilución de 1:1 a la muestra, es decir, 1 mL de muestra con 1 mL de metanol para garantizar que entre en la curva de calibración, luego se mezcló 600 μ L de extracto con 600 μ L de cloruro de aluminio al 40%. Se dejó reposar durante 40 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 415 nm en el espectrofotómetro (Thermo Scientific NanoDro One Microvolume UV-Vis). Se realizó una curva de calibración con Rutina.

3.2.6. Antocianinas totales

Se utilizó el método de diferencial de pH de AOAC, 2005, descrito en Saldaña et al., (2021). Se preparó un buffer de pH 1,08, mezclando 0,0475 gr de cloruro de potasio con 25 mL de agua destilada, y se ajustó el pH con ácido clorhídrico. Se preparó, además, un buffer de pH 4,55 mezclando 1,4206 g de acetato de sodio trihidratado con 25 mL de agua destilada y se ajustó el pH con ácido clorhídrico. Se utilizó un calibrador de pH (Benchtop Meter 230V); se

centrifugaron las muestras para evitar residuos antes de iniciar con la disolución de 1:1.

Se mezclaron 1 mL de extracto con 1 mL de buffer pH 1 y se midió la absorbancia en las longitudes de onda de 520 nm y 700 nm en el espectrofotómetro (Thermo Scientific NanoDro One Microvolume UV-Vis).

Posteriormente, se mezclaron 1 mL de extracto con 1 ml de buffer 4,5 y se midió la absorbancia en las longitudes de onda de 520 nm y 700 nm.

El contenido de antocianinas se calculará usando la ecuación:

$$\frac{mg\ Cy3GE}{L} = \frac{A * MW * DF * 10^3}{\epsilon * l}$$

Donde:

A= (A520nm-A700nm) pH1 – (A520nm-A700nm)pH4,5

MW= peso molecular de Cy3GE, 449,2 g/mol

DF= Factor de dilución

ε= coeficiente de extinción molar, 26900 L/mol*cm Cy3GE

l= longitud de trayectoria

10³= factor de conversión de gramos a miligramos

3.2.7. Identificación de polifenoles mediante UHPLC

Se siguió el método descrito por Waters, (2013). Se filtraron los extractos a través de filtros de membrana de 0,45 μm. Se empleó el equipo UPLC H-Class con detector QDA. Las condiciones fueron las siguientes:

LC conditions:

LC system: ACQUITY UPLC H-Class

Mobile phase A: Water + 0.1% formic acid

Mobile phase B: Acetonitrile + 0.1% formic acid

MS conditions:

MS System: ACQUITY QDa Detector

Ionization: Electrospray Positive Scan

Capillary voltage: 0.8 kV

Cone voltage: 15 V

Scan mass range: 50 to 650 m/z

Method:

Column: ACQUITY UPLC® BEH C18 column (1.7 μ m, 2.1 \times 50 mm)

Column temp.: 45 °C

Flow rate: 0.80 mL/min

Total run time: 7.0 min

Figura 8. *Tiempo de corrida de la muestra*

Time (min)	%A	%B
Initial	99	1
0.5	99	1
4.0	70	30
5.5	5	95
5.6	99	1
7.0	99	1

Fuente: (Böttcher et al., 2021)

Note: All data were acquired and processed using Empower 3 Software.

3.3. Procesamiento estadístico de la información.

El modelo estadístico fue descriptivo con una muestra de extracto metanólico de maíz morado (*Zea mays L.*) INIAP 199 y tres réplicas; se manejaron varios datos los cuáles se procesaron por triplicado obteniendo promedios \pm desviaciones estándar en Excel.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de polifenoles totales

Tabla 3. Análisis de polifenoles totales

MUESTRA	RÉPLICAS	ABSORBANCIA	CONCENTRACIÓN (mg/L)	mg GAE / 100 g muestra	PROMEDIO (mg GAE / 100 g muestra)
1	1	0,19	79,2	653,47	627,06±22,87
	2	0,18	74,4	613,86	
	3	0,18	74,4	613,86	

Nota: Elaborado por Avalos, Daniela (2022), Laboratorios Universidad Estatal de Bolívar.

En los últimos tiempos el estudio de los polifenoles ha llamado gran atención científica debido a los beneficios reportados sobre la salud humana, más aún cuando su existencia ha sido cuantificada en gran cantidad de alimentos de origen vegetal (Cardona et al., 2013). En el presente estudio se cuantificaron polifenoles en el maíz morado (*Zea Mays L.*) INIAP 199 mediante espectrofotometría utilizando el método de Folin-Cicalteu, descrito en Piñuel et al., (2019), los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4, en donde se puede observar que el promedio de las tres réplicas realizadas en la muestra oscila en un rango de 627,06±22,87 mg GAE / 100 g muestra; estos resultados indican una alta presencia de polifenoles en la variedad de maíz estudiada; debido a la reciente introducción de esta variedad de maíz, no existen estudios hasta el momento con los que se pueda realizar una comparación en igualdad de condiciones, sin embargo, existen estudios de maíz morado de distintas variedades que permiten contrastar los resultados encontrados en este estudio.

Mansilla et al., (2020) estudio las propiedades funcionales de la harina de maíz morado de una variedad mejorada genéticamente a partir de poblaciones introducidas de México, Bolivia y Perú; este análisis se dio entre los ciclos del 2014 y 2015; el método utilizado fue el mismo con la diferencia de que la extracción fue realizada con

etanol; los valores obtenidos en cada año fueron 1073 ± 35 mg GAE / 100 g y 974 ± 22 mg GAE / 100 g respectivamente, siendo mayores que este estudio, lo cual se podría atribuir a la mejora genética realizada en este maíz.

Otro estudio fue el de Ramos-Escudero et al., (2012), cuyo proceso de extracción fue de 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 y 20:80 de metanol y agua, todas acidificadas con HCl al 1%; el método aplicado fue el mismo, siendo su mejor extracción de 80:20 en donde se obtuvieron resultados de 906 mg GAE / 100 g; se puede atribuir este valor superior a la eficiencia del sistema de extracción mismo que está influenciado por el carácter hidrofílico o lipofílico del compuesto y la afinidad que tiene al disolvente de extracción.

Un estudio realizado por Hu & Xu, (2011) sobre los perfiles fenólicos de granos de maíz de diferentes tipos y en diferentes estadios de maduración (M1, M2, M3), analizó también el maíz morado y se obtuvieron resultados de 255 ± 6 mg GAE / 100 g para M1, 293 ± 7 mg GAE / 100 g para M2 y 388 ± 16 mg GAE / 100 g para M3; pese a que los valores en el estudio de Hu & Xu muestran diferencias cuantitativas en los distintos tipos de maduración, el presente estudio arroja valores más altos independientemente de la etapa de maduración.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199 tiene un alto contenido de polifenoles, los mismos que aportan grandes beneficios para la salud no únicamente como antioxidante si no también como un aporte importante para el sistema inmunológico, cardiometabólico, como promotor de la abundancia de flora intestinal e inclusive como regulador de los ARN codificadores y no codificantes en seres humanos (Ma & Chen, 2020; Ruskovska et al., 2022).

4.2. Análisis de flavonoides totales

Tabla 4. Análisis de flavonoides totales

MUESTRA	RÉPLICAS	ABSORBANCIA	CONCENTRACIÓN (mg/L)	mg RUTINA / 100 g muestra	PROMEDIO (mg RUTINA / 100 g muestra)
1	1	0,22	16,14	266,42	285,88±17,84
	2	0,25	18,27	301,45	
	3	0,24	17,56	289,78	

Nota: Elaborado por Avalos, Daniela (2022), Laboratorios Universidad Estatal de Bolívar.

Se han detectado cientos de flavonoides en verduras que son consumidas a diario, su actividad antioxidante es indiscutiblemente un importante aporte para la salud humana (Tao et al., 2023), los beneficios de los flavonoides contribuyen no solo como antioxidante si no también la regulación del microbiota intestinal (Li et al., 2023), como apoyo terapéutico en el cáncer, enfermedades coronarias y cerebrovasculares (Zhou et al., 2022).

La cuantificación de flavonoides en el maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199 se realizó siguiendo el método descrito por Ramos-Escudero et al., (2012); los valores arrojados en esta investigación (tabla 5) corresponden a 285,88±17,84 mg RUTINA / 100 g muestra y al no existir estudios sobre este análisis en esta variedad sujeta a investigación, se realiza el análisis comparativo con distintos estudios de maíz púrpura; por ejemplo, existe un estudio de Suriano et al., (2021) cuya curva de calibración fue realizada con quercetina en lugar de Rutina, como es el caso de este estudio, por lo que no se puede hacer un análisis comparativo equivalente.

Un perfil fenólico del maíz morado realizado por Ramos-Escudero et al., (2012) con dos soluciones extractoras de metanol 80:20 y 60:20 arrojó un contenido de flavonoides de 266 mg RUTINA / 100 g muestra y 224 mg RUTINA / 100 g muestra respectivamente, estos resultados son ligeramente más bajos que la presente investigación de flavonoides, por lo que se demuestra que el contenido de flavonoides

presentes en el maíz morado de la variedad INIAP 199 es importante, demostrando así los beneficios que el consumo de esta especie puede generar sobre la salud humana.

4.3. Análisis de antocianinas totales

Tabla 5. Análisis de antocianinas totales

MUESTRA	RÉPLICAS	ABSORBANCIA	mg Cy3GE/L	Promedio (mg Cy3GE/L)
MUESTRA 1	1	1,22	20,37	19,54±0,93
	2	1,11	18,54	
	3	1,18	19,70	

Nota: Elaborado por Avalos, Daniela (2022), Laboratorios Universidad Estatal de Bolívar.

Dentro de los compuestos fenólicos cuantificados en esta investigación, un grupo importante corresponde a las antocianinas, estas existen en grandes cantidades en el mundo vegetal y pueden presentar espectros naranjas a azules, morados entre otros (Cooke et al., 2005); se han usado comúnmente como colorantes artificiales en la industria alimentaria (Z. Yang & Zhai, 2010), sin embargo, en los últimos tiempos sus propiedades farmacológicas se han utilizado con fines anticarcinogénicos, citotóxicos, cardioprotectores, antioxidantes y antiinflamatorias (Pergola et al., 2006; Wang et al., 2000) lo que beneficia enormemente a la salud humana.

En esta investigación las antocianinas del maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199 se han cuantificado mediante el método de diferencial de pH de AOAC, 2005, las mismas son responsables de la coloración de esta especie y al ser más intensa esta coloración pues se asume la presencia elevada de antocianinas. Para la determinación de estos compuestos fenólicos se debe tener en consideración factores como el proceso de extracción y las condiciones de temperatura. Esta investigación se ha realizado bajo el método descrito en Saldaña et al., (2021), en la tabla 6 se puede observar que se ha obtenido un valor promedio de 19,54±0,93 mg Cy3GE/L (162±83 mg Cy3GE/100 g);

al igual que en los demás compuestos; no existen compuestos en la misma variedad mediante los que se pueda establecer una comparación equivalente pero, el estudio de Mansilla et al., (2020), que hace un análisis en la harina de maíz morado a partir de germoplasma mejorado en el ciclo 2014 y 2015 utilizando el mismo método para la cuantificación de antocianinas obtuvo 195 ± 20 mg Cy3GE/100 g y 149 ± 15 mg Cy3GE/100 g respectivamente; por lo tanto, el resultado de este trabajo investigativo es menor en referencia al resultado obtenido en el 2014; empero, en el 2015 el análisis de este estudio muestra resultados más elevados, pudiendo aducirse que en el 2015 los datos obtenidos por Mansilla et al., (2020) fueron inferiores debido a que el contenido de proteínas aumentó por las altas temperaturas.

Hu & Xu, (2011) cuantificaron antocianinas de granos de maíz de diferentes tipos y en diferentes estadios de maduración (M1, M2, M3) y al analizar el maíz morado obtuvo $63,58 \pm 5,44$ mg Cy3GE/100 g para M1, $138,06 \pm 9,85$ mg Cy3GE/100 g para M2 y $276,11 \pm 22,62$ mg Cy3GE/100 g para M3; lo que permite deducir que mientras más maduro esté el grano, mayor contenido de antocianinas tiene, concordante con el aumento de polifenoles también; mientras que en los estadios de maduración 1 y 2 los valores cuantificados son inferiores, en el estudio de Hu & Xu se atribuye que esta diferencia se debe a que las altas temperaturas causaron una elevación del contenido proteico lo que disminuyó el contenido de antocianinas.

Estos resultados demuestran que el maíz morado (*Zea Mays L.*) de la variedad INIAP 199 es una fuente extraordinaria de antocianinas que aportan grandes beneficios para la salud, en el campo farmacológico y la industria alimentaria, sin lugar a duda, existe un amplio campo a ser estudiado en esta variedad y que aún no se ha hecho, por lo que realizar más trabajos de investigación en este maíz es importante para los consumidores y productores no solo a nivel local si no nacional también.

4.4. Análisis de polifenoles mediante UHPLC acoplado a masas

En el análisis cromatográfico de polifenoles mediante UHPL acoplado a masas, se encontraron en mayor presencia los siguientes compuestos:

Tabla 6. Identificación tentativa de compuestos fenólicos en extractos de maíz púrpura (*Zea Mays L.*) mediante UHPL acoplado a masas.

Componente	Tiempo de retención	Masa obtenida	Masa teórica	Fórmula	Identificación tentativa	Presencia en alimentos
1	5.903	332.4	332.2601	C ₁₃ H ₁₆ O ₁₀	Ácido gálico 4-O-glucósido	Arándanos, grosellas rojas
2	3.004	270.2	270.2369	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	Apigenina	Aceite de oliva, pistachos, orégano, romero, mejorana.
3	5.362	290.4	290.2681	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	Catequina	Chocolate, cacao, uvas, fresas, cereza, melocotón, nectarina, manzanas, peras, chirimoyas, té, lentejas, fréjol, guisantes
4	3.809	326.4	326.2986	C ₁₅ H ₁₈ O ₈	Coumaroyl glucose	Zarzamora, varios tipos de grosellas, fresas, pimientos rojos y verdes.
5	5.743	304.3	304.2516	C ₁₅ H ₁₂ O ₇	Dihidroquercetina	Orégano
6	3.570	284.4	284.2635	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	Geraldone	Granos como el fréjol
7	2.742	318.3	318.2351	C ₁₅ H ₁₀ O ₈	Miricetina	Verduras, frutas, nueces, bayas, té, vino tinto
8	2.984	302.3	302.2357	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	Quercetina	Vino, trigo, chocolate negro, arándanos, frambuesas, manzanas, té, almendras, pistachos, tomate y cebolla

Nota: Elaborado por Avalos, Daniela (2022)

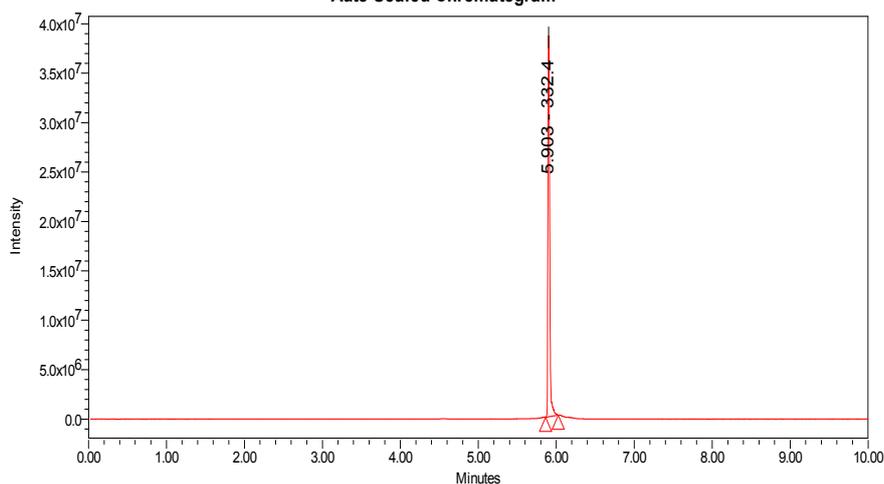
Fuente: Explorador de fenoles (Rothwell et al., 2013)

En la tabla 7 se muestra los resultados obtenidos a partir del extracto metanólicos del maíz púrpura (*Zea Mays L.*) INIAP 199 mediante el análisis

cromatográfico UHPLC acoplado a masas; en los cuales se obtienen 8 componentes polifenólicos preponderantes los cuales se identifican tentativamente gracias a un análisis bibliográfico apoyado en un estudio de Rothwell et al., (2013) por medio de la base de datos llamada phenol-explorer que cuenta con información sobre todos los polifenoles presentes en alimentos.

El maíz púrpura de la variedad INIAP 199 posee polifenoles identificados en una variedad de alimentos con potenciales beneficios para la salud humana, el ácido gálico 4-O-glucósido (fig.9) con una masa teórica de 332,26 corresponde aproximadamente al pico encontrado por el equipo, con una masa de 332,4; este compuesto está presente en los arándanos y grosellas rojas, se puede atribuir su presencia en el maíz púrpura debido a su coloración.

Figura 9. Cromatograma del Ácido gálico 4-O-glucósido
Auto-Scaled Chromatogram



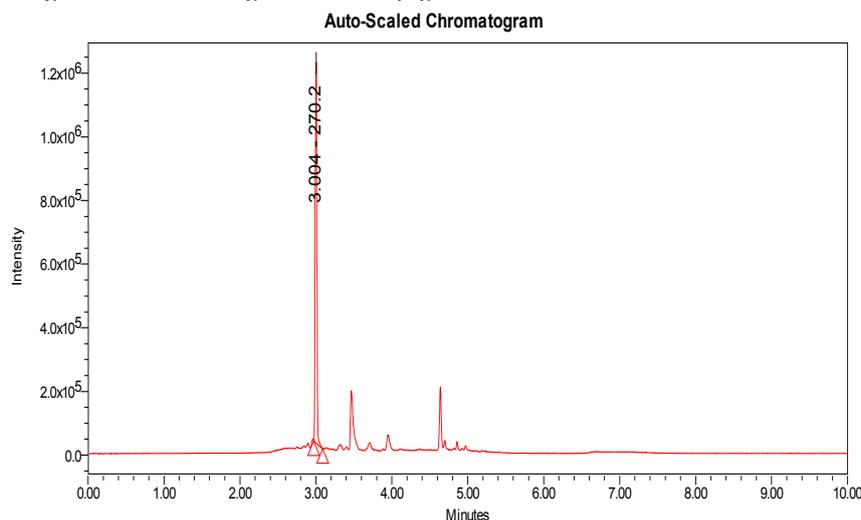
Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

Otro de los componentes identificados por el equipo fue la apigenina (fig.10); la masa teórica de este flavonoide según la base de datos corresponde a 270.23; mismo valor que fue detectado en el equipo UHPLC (270.2); la apigenina encontrada

frecuentemente en el aceite de oliva, pistachos, orégano, romero, mejorana y como este estudio lo indica también en el maíz púrpura INIAP 199; fue utilizada antiguamente para teñir la tela, se conoce químicamente como 4', 5, 7,-trihidroxiflavona y está descrita como un producto natural que pertenece a las flavonas; su presencia en diversas actividades biológicas la caracteriza por su poder antioxidante, antiinflamatorio, antitumorales, antialérgicas, cardioprotectoras y antimicrobianas entre otras (Elkhedir et al., 2022). En los últimos tiempos sus beneficios sobre la salud humana y su baja toxicidad demuestran su gran poder terapéutico y antiinflamatorio frente a las células que producen el cáncer (D. Singh et al., 2022), así también, su poder antioxidante eliminando radicales libres y activando sus propiedades quimiopreventivas (Ali et al., 2017).

Figura 10. Cromatograma de la Apigenina



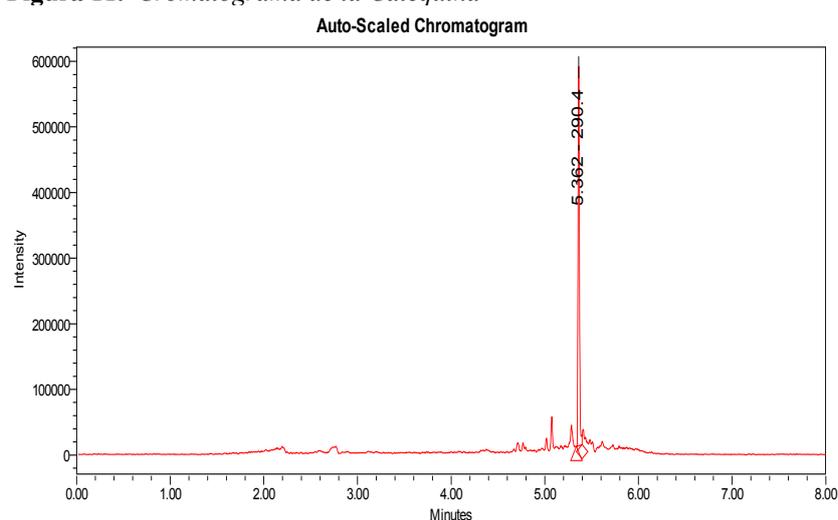
Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

La catequina (fig.11) ha sido identificada en este estudio por su presencia en el maíz púrpura INIAP 199, químicamente se le conoce como 3,3',4',5,7-pentahidroxiflavano con dos formas estéricas de (+)-catequina y su enantiómero; su masa molecular es de 290.681 y la masa determinada por el equipo responde a 290.4;

su distribución está dada en muchos alimentos y hierbas como el chocolate, cerezas, fresas, manzanas, bayas, entre otras (Isemura, 2019); sus propiedades en beneficio para la salud humana son muchas, tiene un efecto anticancerígeno, antioxidante antiinflamatorio, quimiopreventivo, previene la obesidad y las enfermedades gripales. Nuevos estudios colocan a la catequina como un posible tratamiento preventivo sobre el Alzheimer y otras enfermedades neurodegenerativas (Michel et al., 2022).

Figura 11. Cromatograma de la Catequina



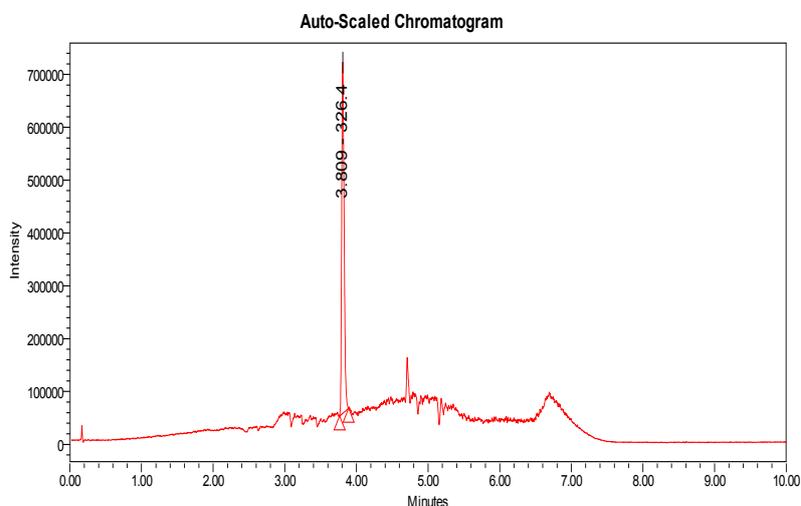
Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

El coumaroyl glucosa (fig.12) se determinó en este estudio por su presencia en la muestra analizada de maíz púrpura INIAP 199, su masa teórica es de 326.2986 mientras que la determinada por el equipo es de 326.4 por lo que analizando la bibliografía se puede determinar la presencia de este compuesto fenólico. Este compuesto se encuentra en varios tipos de bayas e inclusive en fresas, grosellas, pimientos rojos y verdes, los efectos beneficiosos de este componente incluyen enfermedades asociadas al estrés oxidativo como el cáncer y grandes propiedades antioxidantes que producen un impacto en la salud humana (Y. Zhang et al., 2008). Las

propiedades antioxidantes de este componente demuestran su capacidad para servir como un potente ingrediente alimenticio (Yuan et al., 2022).

Figura 12. Cromatograma del Coumaroyl glucose



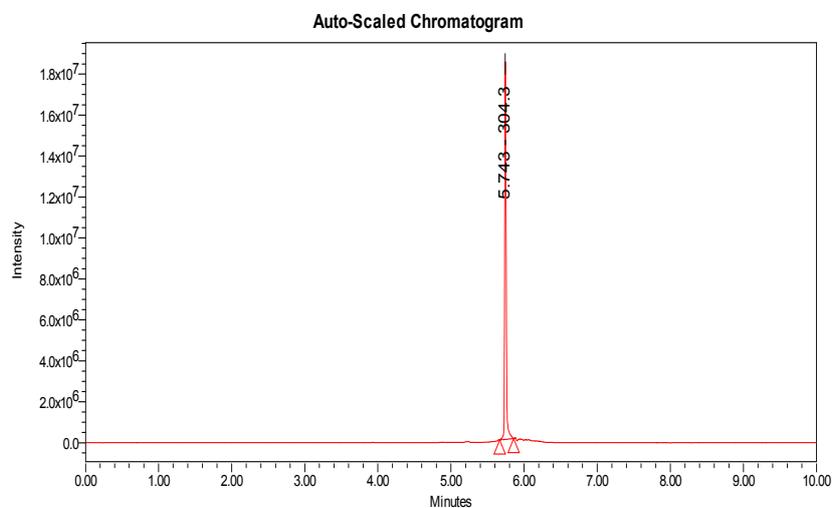
Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

Otro componente detectado en el equipo es la dihidroquercetina (fig.13), conocida también como taxifolina (Taxifolin 3-O-rhamnoside), es un análogo de la quercetina o rutina pero que posee propiedades distintas; se encuentra frecuentemente en el orégano, el cacao e inclusive la cannabis; este componente ejerce un efecto antioxidante mucho más potente que la mayoría de los flavonoides, posee propiedades antiinflamatorias, antihepatotóxicas y antioxidante; también refuerza las membranas vasculares y un gran efecto reductor de alergias, entre otras (A. Das et al., 2021); la masa teórica de este compuesto es 304.2516 correspondiente a lo determinado por el equipo UHPLC (304.3); estudios recientes demuestran que pese a que la taxifolina posee extensos efectos en el campo de la salud, la actividad anticancerígena destaca sobre las demás por lo que el desarrollo de fármacos de uso humano basados en este compuesto son una posibilidad tentadora (Sunil & Xu, 2019). También se ha demostrado que la dihidroquercetina previene el daño al riñón, al hígado e inclusive se

puede usar en estados de alcoholismo para la recuperación de este último órgano (Bedir et al., 2021).

Figura 13. Cromatograma de la Dihidroquercetina.

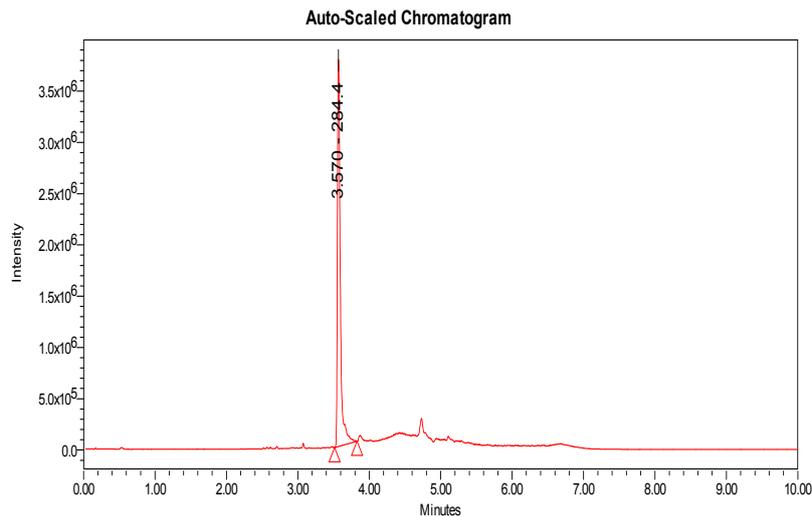


Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

Otro componente es la Geraldone (fig.14) químicamente conocido como 7,4'-Dihydroxy-3'-methoxyflavone, tiene una masa teórica de 284.2635, es un flavonoide que coincide con el componente encontrado con el equipo de UHPLC al analizar el extracto de maíz morado, la masa detectada fue de 284.4 y se encuentra normalmente en los granos; durante los últimos tiempos, la actividad antioxidante de los flavonoides ha sido estudiada; este componente en particular ha mostrado ser un antioxidante alimenticio beneficioso para la salud humana (Ren et al., 2013).

Figura 14. Cromatograma del Geraldone

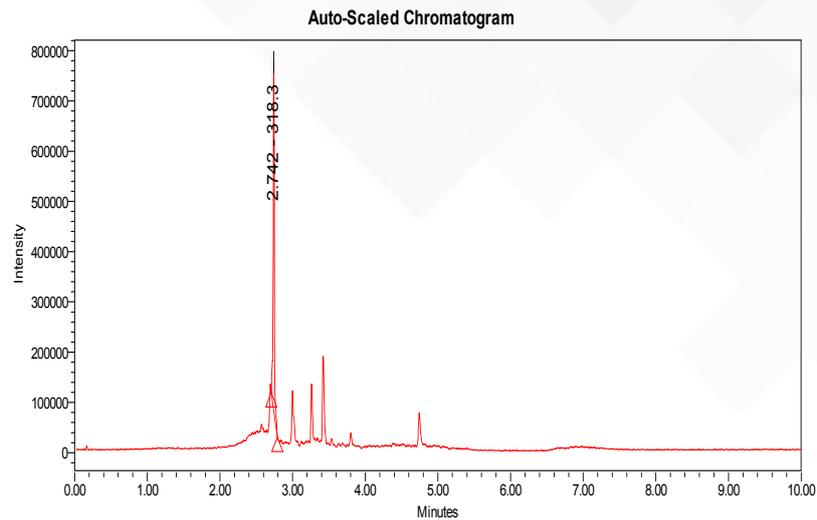


Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

La Miricetina (fig.15), químicamente conocida como 3,5,7,3',4',5'-Hexahydroxyflavone, es un flavonoide con una masa teórica de 318.2351, comparable con el valor detectado en el maíz púrpura en donde el equipo determinó un pico de 318.3; comúnmente se encuentra en verduras, frutas, nueces, bayas, té, vino tinto; este componente ha demostrado reducir el daño producido en el ADN como consecuencia de procesos cancerígenos, previniendo la invasión de tumores o a su vez el volumen de los mismos, también muestra una alta capacidad antioxidante (Enríquez-Valencia et al., 2020). Estudios de (Zhao et al., 2022) en ratones demuestra que la miricetina alivia los síntomas de la diabetes tipo 2 al mismo tiempo que regula la flora antimicrobiana; estudios recomienda que sea explorada como suplemento dietético para la hipoglucemia (Qian et al., 2022). También se ha demostrado que la miricetina tiene actividad biológica como agente antitumoral ante la metástasis y la apoptosis, antiinflamatorio y antioxidante por lo que el maíz púrpura al tener miricetina puede ser utilizado como investigación en el desarrollo de productos con propiedades beneficiosas para la salud humana (Jiang et al., 2019).

Figura 15. Cromatograma de la Miricetina.



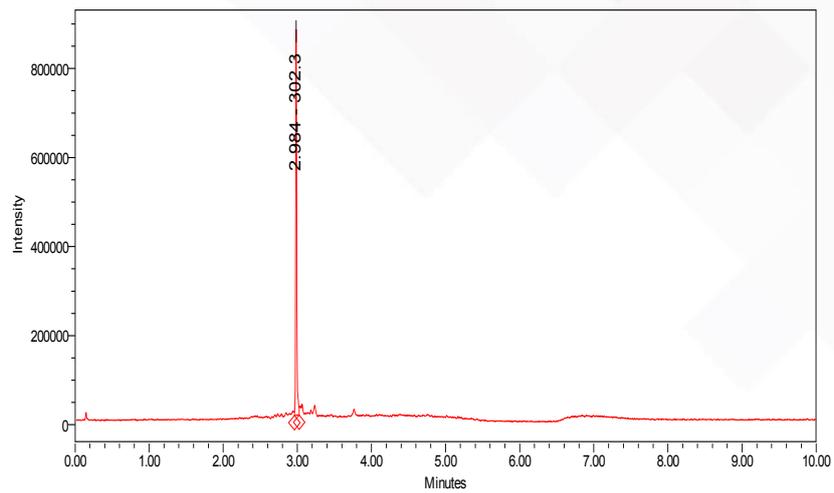
Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

Otro componente es la Quercetina (fig.16) conocida químicamente como 3,5,7,3',4'-Pentahydroxyflavone es un flavonoide con una masa de 302.2357 que se encuentra en el vino, trigo, chocolate negro, arándanos, frambuesas, manzanas, té, almendras, pistachos, tomate y cebolla; el extracto de maíz púrpura variedad INIAP 199 analizado en el equipo UHPLC mostró un pico similar con una masa de 302.3. Este flavonoide ha sido estudiado por sus propiedades beneficiosas para el ser humano sugiriéndolo incluso como un posible suplemento alimenticio, sus propiedades farmacológicas más importantes son su actividad antioxidante, tratamiento de alergias y asma, mejora de la salud cardiovascular, prostatitis, anticancerígeno, previene cataratas, acción antiviral, protege al riñón entre otras (Vicente-Vicente et al., 2013). Nuevas investigaciones apuntan a la quercetina como posible agente terapéutico contra los trastornos psicológicos y neurodegenerativos (Agrawal et al., 2023). Por lo tanto, el maíz morado al poseer este componente tiene un gran potencial para ser investigado en el campo farmacológico e incluso alimenticio con grandes beneficios en la salud.

Figura 16. *Cromatograma de la Quercetina.*

Auto-Scaled Chromatogram



Fuente: Acquity Uplc Waters, 2022

Note: Laboratorios de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se ha realizado la cuantificación de polifenoles en el extracto metanólicos de los granos de maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) mediante espectrofotometría, encontrando valores que permiten identificar la presencia de estos compuestos, los mismos que contrastados con estudios similares en otras variedades de maíz demuestran los beneficios que aportan a la salud humana.
- El contenido elevado de polifenoles en la variedad INIAP 199, muestran sus propiedades alimenticias, farmacológicas y preventivas; antioxidantes que de acuerdo con fundamentación científica poseen acción anticancerígenos, cardioprotectora, neuroprotectora, previene enfermedades renales, entre otros.
- El maíz púrpura de la variedad INIAP 199 podría ser investigado como posible suplemento nutricional, así como, participar activamente en el campo de la industria farmacológica.
- El análisis cromatográfico determinó ocho componente importantes en el maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*); estos componentes fenólicos fueron el ácido gálico 4-O-glucósido, apigenina, catequina, coumaroyl glucose, dihidroquercetina, geraldone, miricetina y la quercetina , mismos que tienen actividad biológica importante en el campo de la salud como antidiabéticos, antitumorales, antialérgicos, previenen la obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades de tipo neurológico y coronario, problemas psicológicos entre los más importantes.
- El maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*); cultivado en la provincia Bolívar puede ser utilizado en diferentes campos que beneficien directamente a la salud de sus

consumidores, por lo que este estudio abre las puertas a más investigaciones que permitan incorporarlos al campo farmacológico y alimenticio con grandes probabilidades de crear productos altamente útiles para la comunidad a la que estén dirigidos.

5.1. Recomendaciones

- Se recomienda la continuación del trabajo investigativo para crear posibles productos alimenticios o farmacológicos que aprovechen todo el potencial del maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*).
- Realizar más estudios con otros métodos de extracción para poder comparar los resultados obtenidos en este trabajo investigativo.
- Investigar a profundidad el maíz púrpura INIAP 199 (*Zea mays L.*) en otros campos que aporten más material bibliográfico que sirva como impulso a más aplicaciones en el campo de la salud humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, K., Chakraborty, P., Dewanjee, S., Arfin, S., Das, S. S., Dey, A., Moustafa, M., Mishra, P. C., Jafari, S. M., Jha, N. K., Jha, S. K., & Kumar, D. (2023). Neuropharmacological interventions of quercetin and its derivatives in neurological and psychological disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *144*, 104955. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104955>
- Ali, F., Rahul, Naz, F., Jyoti, S., & Siddique, Y. H. (2017). Health functionality of apigenin: A review. *International Journal of Food Properties*, *20*(6), 1197–1238. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1207188>
- Baluchnejadmojarad, T., & Roghani, M. (2006). Effect of Naringenin on Intracerebroventricular Streptozotocin-Induced Cognitive Deficits in Rat: A Behavioral Analysis. *Pharmacology*, *78*(4), 193–197. <https://doi.org/10.1159/000096585>
- Barrera, D., Badan, A., & Sema, S. (2019). Corn Oil: Composition, Processing, and Utilization. In *Corn* (3rd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00021-8>
- Bedir, F., Kocatürk, H., Yapanoğlu, T., Gürsul, C., Arslan, R., Mammadov, R., Çoban, A., Altuner, D., & Suleyman, H. (2021). Protective effect of taxifolin against prooxidant and proinflammatory kidney damage associated with acrylamide in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *139*, 111660. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111660>
- Böttcher, J., Margraf, M., & Monks, K. (n.d.). *HPLC Basics-principles and parameters*. www.knauer.net
- Cabrera, J. L., Valencia, E., & Trejo, D. (2019). *Genetic Modifications of Corn*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00003-6>

- Cabrera-Ponce, J. L., Valencia-Lozano, E., & Trejo-Saavedra, D. L. (2019). Genetic Modifications of Corn. In *Corn* (pp. 43–85). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00003-6>
- Cardona, F., Andrés-Lacueva, C., Tulipani, S., Tinahones, F. J., & Queipo-Ortuño, M. I. (2013). Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *24*(8), 1415–1422. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.05.001>
- Carrillo, W., Carpio, C., Morales, D., Vilcacundo, E., Álvarez, M., & Silva, M. (2017). CONTENT OF FATTY ACIDS IN CORN (ZEA MAYS L.) OIL FROM ECUADOR. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, *10*(8), 150. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i8.18786>
- Carrillo, W., Gómez-Ruiz, J. A., Miralles, B., Ramos, M., Barrio, D., & Recio, I. (2016). Identification of antioxidant peptides of hen egg-white lysozyme and evaluation of inhibition of lipid peroxidation and cytotoxicity in the Zebrafish model. *European Food Research and Technology*, *242*(10), 1777–1785. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2677-1>
- Chatham, L. A., Paulsmeyer, M., & Juvik, J. A. (2019). Prospects for economical natural colorants: insights from maize. *Theoretical and Applied Genetics*, *132*(11), 2927–2946. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03414-0>
- Cheng, B., Gong, H., Li, X., Sun, Y., Zhang, X., Chen, H., Liu, X., Zheng, L., & Huang, K. (2012). Silibinin inhibits the toxic aggregation of human islet amyloid polypeptide. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *419*(3), 495–499. <https://doi.org/10.1016/J.BBRC.2012.02.042>
- Collins, C. H., Braga, G. L., & Bonato, P. S. (2006). *Fundamentos de cromatografia*. Editorada Unicamp.

- Cooke, D., Steward, W. P., Gescher, A. J., & Marczylo, T. (2005). Anthocyanins from fruits and vegetables – Does bright colour signal cancer chemopreventive activity? *European Journal of Cancer*, 41(13), 1931–1940. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2005.06.009>
- Correa Navarro, Y. M., Buriticá Salazar, L. M., Rivera Giraldo, J. D., Penagos González, J. P., & Torres Osorio, J. I. (2017). Optimización del protocolo para la extracción y la cuantificación de proteínas totales en semillas germinadas de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(1), 65–68. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2756>
- Correa, Y., Buriticá, L., Rivera, J., Penagos, Ju., & Torres, J. (2017). Optimización del protocolo para la Extracción y la Cuantificación de Proteínas Totales en Semillas Germinadas de Maíz (*Zea mays* L.). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(1), 60–64.
- Cuevas-Rodríguez, E. O., Verdugo-Montoya, N. M., Angulo-Bejarano, P. I., Milán-Carrillo, J., Mora-Escobedo, R., Bello-Pérez, L. A., Garzón-Tiznado, J. A., & Reyes-Moreno, C. (2006). Nutritional properties of tempeh flour from quality protein maize (*Zea mays* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 39(10), 1072–1079. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.003>
- Cuevas-Rodríguez, E. O., Milán-Carrillo, J., Mora-Escobedo, R., Cárdenas-Valenzuela, O. G., & Reyes-Moreno, C. (2004). Quality protein maize (*Zea mays* L.) tempeh flour through solid state fermentation process. *LWT - Food Science and Technology*, 37(1), 59–67. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00134-8](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00134-8)
- Das, A., Baidya, R., Chakraborty, T., Samanta, A. K., & Roy, S. (2021). Pharmacological basis and new insights of taxifolin: A comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 142, 112004. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112004>
- Das, A. K., & Singh, V. (2015). Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var.

- indurata) maize. *Journal of Functional Foods*, 13, 363–374.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.012>
- Daval, M., Bedrood, S., Gurlo, T., Huang, C. J., Costes, S., Butler, P. C., & Langen, R. (2010a). The effect of curcumin on human islet amyloid polypeptide misfolding and toxicity. *Http://Dx.Doi.Org/10.3109/13506129.2010.530008*, 17(3–4), 118–128.
<https://doi.org/10.3109/13506129.2010.530008>
- Daval, M., Bedrood, S., Gurlo, T., Huang, C. J., Costes, S., Butler, P. C., & Langen, R. (2010b). The effect of curcumin on human islet amyloid polypeptide misfolding and toxicity. *Http://Dx.Doi.Org/10.3109/13506129.2010.530008*, 17(3–4), 118–128.
<https://doi.org/10.3109/13506129.2010.530008>
- di Meo, S., Reed, T. T., Venditti, P., & Victor, V. M. (2016). Role of ROS and RNS Sources in Physiological and Pathological Conditions. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1–44. <https://doi.org/10.1155/2016/1245049>
- Díaz, C., Castro, R., Pesántez, M., & Castro, L. (2016). *Extracción de antocianinas en maíz negro cultivado en Tunshi- Chimborazo sometido a diferentes tratamientos térmicos para escaldado Chimborazo subjected to different heat treatments for scalding*. 16(4), 245–250.
- Elkhedir, A. E., Iqbal, A., Zogona, D., Mohammed, H. H., Murtaza, A., & Xu, X. (2022). Apigenin glycosides from green pepper enhance longevity and stress resistance in *Caenorhabditis elegans*. *Nutrition Research*, 102, 23–34.
<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2022.02.003>
- Enríquez-Valencia, S., Salazar-López, N., Robles-Sanchez, M., González-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J., & Lopez-Martinez, L. (2020). Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 205–214. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>

- Extraction of protein concentrate from red bean (*Phaseolus vulgaris* L.): antioxidant activity and inhibition of lipid peroxidation. (2019). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(9), 45–58. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90804>
- FAOSTAT. (2020, April 5). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fernández, R., & Lizana, X. C. (2020). Antocianinas en *Solanum tuberosum*: Una revisión. *Agro Sur*, 48(2), 1–8. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2020.v48n2-01>
- García, D. E. (2004). *Los metabolitos secundarios de las especies vegetales* (Vol. 27, Issue 1).
- García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/52056>
- García-Alloza, M., Borrelli, L. A., Rozkalne, A., Hyman, B. T., & Bacskai, B. J. (2007). Curcumin labels amyloid pathology *in vivo*, disrupts existing plaques, and partially restores distorted neurites in an Alzheimer mouse model. *Journal of Neurochemistry*, 102(4), 1095–1104. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2007.04613.x>
- Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Sułkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyż, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts – In vitro study. *Food and Chemical Toxicology*, 57, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.03.023>
- Gomis Yagües, V. (2008). Tema 4. Cromatografía de líquidos de alta resolución. *Técnicas Instrumentales En El Análisis Industrial*.
- Govender, V., Aveling, T. A. S., & Kritzing, Q. (2008). The effect of traditional storage methods on germination and vigour of maize (*Zea mays* L.) from northern KwaZulu-Natal and southern Mozambique. *South African Journal of Botany*, 74(2), 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.10.006>

- Greenberg, J. A. (2015). Chocolate intake and diabetes risk. *Clinical Nutrition*, 34(1), 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.02.005>
- Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211–217. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- Haddad, P., & Eid, H. (2017). The Antidiabetic Potential of Quercetin: Underlying Mechanisms. *Current Medicinal Chemistry*, 24(4), 355–364. <https://doi.org/10.2174/0929867323666160909153707>
- Hafner-Bratkovič, I., Gašperšič, J., Šmid, L. M., Bresjanac, M., & Jerala, R. (2008). Curcumin binds to the α -helical intermediate and to the amyloid form of prion protein – a new mechanism for the inhibition of PrPSc accumulation. *Journal of Neurochemistry*, 104(6), 1553–1564. <https://doi.org/10.1111/J.1471-4159.2007.05105.X>
- Hage, D. S. (2018). Chromatography. In N. Rifai, A. R. Horvath, & C. T. Wittwer (Eds.), *Principles and Applications of Clinical Mass Spectrometry* (pp. 1–32). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816063-3.00001-3>
- He, W., Wang, Y., Dai, Z., Liu, C., Xiao, Y., Wei, Q., Song, J., & Li, D. (2019). Effect of UV-B radiation and a supplement of CaCl₂ on carotenoid biosynthesis in germinated corn kernels. *Food Chemistry*, 278, 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.089>
- Helstad, S. (2019). Corn Sweeteners. In *Corn* (3rd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00020-6>
- Hu, Q., & Xu, J. (2011). Profiles of Carotenoids, Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Activity of Selected Color Waxy Corn Grains during Maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 2026–2033. <https://doi.org/10.1021/jf104149q>
- INIAP. (2016). *Repositorio Digital INIAP: Ficha técnica de la variedad de Maíz Negro INIAP-199 “Racimo de Uva.”* <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3166>

- Isemura, M. (2019). Catechin in Human Health and Disease. *Molecules*, 24(3), 528.
<https://doi.org/10.3390/molecules24030528>
- Jandera, P. (2011). Stationary and mobile phases in hydrophilic interaction chromatography: a review. *Analytica Chimica Acta*, 692(1–2), 1–25.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.02.047>
- Jiang, M., Zhu, M., Wang, L., & Yu, S. (2019). Anti-tumor effects and associated molecular mechanisms of myricetin. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 120, 109506.
<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109506>
- Jordana-Lluch, E., Martró Català, E., & Ausina Ruiz, V. (2012). La espectrometría de masas en el laboratorio de microbiología clínica. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 30(10), 635–644. <https://doi.org/10.1016/J.EIMC.2012.01.012>
- Kabir, S. H., Das, A. K., Rahman, M. S., Singh, M. S., Morshed, M., & Marma, A. S. H. (2019). Effect of genotype on proximate composition and biological yield of maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 4(2), 185–189.
<https://doi.org/10.26832/24566632.2019.040209>
- Kechinski, C. P., Guimarães, P. V. R., Noreña, C. P. Z., Tessaro, I. C., & Marczak, L. D. F. (2010). Degradation kinetics of anthocyanin in blueberry juice during thermal treatment. *Journal of Food Science*, 75(2). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01479.X>
- Kopustinskiene, D. M., Jakstas, V., Savickas, A., & Bernatoniene, J. (2020). Flavonoids as Anticancer Agents. *Nutrients*, 12(2), 457. <https://doi.org/10.3390/nu12020457>
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- Kwok, C. S., Boekholdt, S. M., Lentjes, M. A. H., Loke, Y. K., Luben, R. N., Yeong, J. K., Wareham, N. J., Myint, P. K., & Khaw, K.-T. (2015). Habitual chocolate consumption

- and risk of cardiovascular disease among healthy men and women. *Heart*, *101*(16), 1279–1287. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-307050>
- Lao, F., Sigurdson, G. T., & Giusti, M. M. (2017). Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(2), 234–246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>
- Li, Z., Ren, Z., Zhao, L., Chen, L., Yu, Y., Wang, D., Mao, X., Cao, G., Zhao, Z., & Yang, H. (2023). Unique roles in health promotion of dietary flavonoids through gut microbiota regulation: Current understanding and future perspectives. *Food Chemistry*, *399*, 133959. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133959>
- Liu, X., Du, X., Han, G., & Gao, W. (2017). Association between tea consumption and risk of cognitive disorders: A dose-response meta-analysis of observational studies. *Oncotarget*, *8*(26), 43306–43321. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.17429>
- Ma, G., & Chen, Y. (2020). Polyphenol supplementation benefits human health via gut microbiota: A systematic review via meta-analysis. *Journal of Functional Foods*, *66*, 103829. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103829>
- Mahboob, A., Senevirathne, D. K. L., Paul, P., Nabi, F., Khan, R. H., & Chaari, A. (2022). An investigation into the potential action of polyphenols against human Islet Amyloid Polypeptide aggregation in type 2 diabetes. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.038>
- Mansilla, P. S., Nazar, M. C., & Pérez, G. T. (2020). Flour functional properties of purple maize (*Zea mays* L.) from Argentina. Influence of environmental growing conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, *146*, 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.246>
- Medina-Larqué, A. S., Desjardins, Y., & Jacques, H. (2020). Cranberry, oxidative stress, inflammatory markers, and insulin sensitivity: a focus on intestinal microbiota. *Diabetes:*

Oxidative Stress and Dietary Antioxidants, 245–253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815776-3.00024-3>

Mejía, D. (2003). MAIZE Post-harvest Operations-Post-harvest Compendium MAIZE: Post-Harvest Operation. *Post-Harvest Compendium*.

Meyer, V. R. (2013). *Practical high-performance liquid chromatography*. John Wiley & Sons.

Michel, O., Szlasa, W., Baczyńska, D., Saczko, J., Tarek, M., & Kulbacka, J. (2022). The role of catechin in electroporation of pancreatic cancer cells – Effects on pore formation and multidrug resistance proteins. *Bioelectrochemistry*, 147, 108199. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2022.108199>

Moorthy, M., Chaiyakunapruk, N., Jacob, S. A., & Palanisamy, U. D. (2020). Prebiotic potential of polyphenols, its effect on gut microbiota and anthropometric/clinical markers: A systematic review of randomised controlled trials. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 634–649. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.036>

Moreira, R., Chenlo, F., Arufe, S., & Rubinos, S. N. (2015). Physicochemical characterization of white, yellow and purple maize flours and rheological characterization of their doughs. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7954–7963. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1953-6>

Mrad, R., Debs, E., Saliba, R., Maroun, R. G., & Louka, N. (2014). Multiple optimization of chemical and textural properties of roasted expanded purple maize using response surface methodology. *Journal of Cereal Science*, 60(2), 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.05.005>

Neri-Numa, I. A., Cazarin, C. B. B., Ruiz, A. L. T. G., Paulino, B. N., Molina, G., & Pastore, G. M. (2020). Targeting flavonoids on modulation of metabolic syndrome. *Journal of Functional Foods*, 73. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2020.104132>

- Nieva-Echevarría, B., Manzanos, M. J., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2015). 2,6-Di-Tert-Butyl-Hydroxytoluene and Its Metabolites in Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(1), 67–80. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12121>
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science (Cambridge)*, 5, e47–e47.
- Pergola, C., Rossi, A., Dugo, P., Cuzzocrea, S., & Sautebin, L. (2006). Inhibition of nitric oxide biosynthesis by anthocyanin fraction of blackberry extract. *Nitric Oxide*, 15(1), 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2005.10.003>
- Piñuel, L., Vilcacundo, E., Boeri, P., Barrio, D. A., Morales, D., Pinto, A., Moran, R., Samaniego, I., & Carrillo, W. (2019). Extraction of protein concentrate from red bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Antioxidant activity and inhibition of lipid peroxidation. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(9), 045–058. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90804>
- Pomilio, A. B., Bernaténé, E. A., & Vitale, A. A. (2011). Espectrometría de masas en condiciones ambientales con ionización por desorción con electrospray. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 45(1), 47–79. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53519965003>
- Poole, C. F. (2019). Chromatography | Overview☆. In P. Worsfold, C. Poole, A. Townshend, & M. Miró (Eds.), *Encyclopedia of Analytical Science (Third Edition)* (pp. 78–104). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.04396-1>
- Qian, J., Zhang, J., Chen, Y., Dai, C., Fan, J., & Guo, H. (2022). Hypoglycemic activity and mechanisms of myricetin. *Natural Product Research*, 36(23), 6177–6180. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2058941>
- Quiñones, R., & Coy-Barrera, E. (2015). COMPOSICIÓN DE ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS DE CINCO FENOTIPOS DE MAÍZ COLOREADO (*Zea mays*) DE

LA REGIÓN CENTRAL COLOMBIANA. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 4(1), 38–51. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v4n1.49822>

Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021a). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>

Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021b). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>

Ramos-Escudero, F., Muñoz, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Alvarado, Á., & Yáñez, J. A. (2012a). Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds Profile and Its Assessment as an Agent Against Oxidative Stress in Isolated Mouse Organs. *Journal of Medicinal Food*, 15(2), 206–215. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0342>

Ramos-Escudero, F., Muñoz, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Alvarado, Á., & Yáñez, J. A. (2012b). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food*, 15(2), 206–215. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0342>

Ren, S.-C., Qiao, Q.-Q., & Ding, X.-L. (2013). Antioxidative Activity of Five Flavones Glycosides from Corn Silk (*Stigma maydis*). *Czech J. Food Sci*, 31(2), 148–155.

Reyes-Silva, J. A., Salazar-Campos, A., & Ríos-Cortes, H. H. (2020). Metabolitos secundarios de las plantas (angiospermas) y algunos usos interesantes. *UNO Sapiens Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 1*, 2(4), 16–18.

Rojas A., L., Jaramillo J., C., & Lemus B., M. (2015). Métodos analíticos para la determinación de metabolitos secundarios de plantas. *Universidad Técnica de Machala*, 1(978-9978-316-62-7), 108. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6653>

- Rothwell, J. A., Perez-Jimenez, J., Neveu, V., Medina-Rejon, A., M'Hiri, N., Garcia-Lobato, P., Manach, C., Knox, C., Eisner, R., Wishart, D. S., & Scalbert, A. (2013). Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. *Database*, 2013(0), bat070–bat070. <https://doi.org/10.1093/database/bat070>
- Ruskovska, T., Budić-Leto, I., Corral-Jara, K. F., Ajdžanović, V., Arola-Arnal, A., Bravo, F. I., Deligiannidou, G.-E., Havlik, J., Janeva, M., Kistanova, E., Kontogiorgis, C., Krga, I., Massaro, M., Miler, M., Harnafi, H., Milosevic, V., Morand, C., Scoditti, E., Suárez, M., ... Milenkovic, D. (2022). Systematic analysis of nutrigenomic effects of polyphenols related to cardiometabolic health in humans – Evidence from untargeted mRNA and miRNA studies. *Ageing Research Reviews*, 79, 101649. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101649>
- Sadiq, N. W., & Beauchemin, D. (2020). Liquid chromatography. In *Sample Introduction Systems in ICPMS and ICPOES* (pp. 213–254). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59482-2.00004-X>
- Saito, M., Sakagami, H., & Fujisawa, S. (2003). Cytotoxicity and apoptosis induction by butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). *Anticancer Research*, 23(6C), 4693–4701. <http://europepmc.org/abstract/MED/14981915>
- Saldaña, M. D. A., Martinez, E. R., Sekhon, J. K., & Vo, H. (2021). The effect of different pressurized fluids on the extraction of anthocyanins and total phenolics from cranberry pomace. *Journal of Supercritical Fluids*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105279>
- Sánchez-Valle, V., & Méndez-Sánchez, N. (2013). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad ARTÍCULO DE REVISIÓN. *Rev Invest Med Sur Mex*, Julio-Septiembre, 20(3), 161–168.

- Serna-Saldívar, S. O., Gutiérrez-Urbe, J. A., Mora-Rochin, S., & García-Lara, S. (2013). Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *36*, 295–304.
- Singh, D., Gupta, M., Sarwat, M., & Siddique, H. R. (2022). Apigenin in cancer prevention and therapy: A systematic review and meta-analysis of animal models. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, *176*, 103751. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2022.103751>
- Singh, N., Singh, S., & Shevkani, K. (2019). Maize: Composition, Bioactive Constituents, and Unleavened Bread. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00009-5>
- Somavat, P., Li, Q., de Mejia, E. G., Liu, W., & Singh, V. (2016). Coproduct yield comparisons of purple, blue and yellow dent corn for various milling processes. *Industrial Crops and Products*, *87*, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.062>
- Somavat, P., Li, Q., Gonzalez, E., Liu, W., & Singh, V. (2016). Coproduct yield comparisons of purple , blue and yellow dent corn for various milling processes. *Industrial Crops & Products*, *87*, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.062>
- Sonee, M., Sum, T., Wang, C., & Mukherjee, S. K. (2004). The Soy Isoflavone, Genistein, Protects Human Cortical Neuronal Cells from Oxidative Stress. *NeuroToxicology*, *25*(5), 885–891. <https://doi.org/10.1016/J.NEURO.2003.11.001>
- Su, M., & Chien, P. (2007). Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of blue com (Zea mays L.). *Food Chemistry*, 181–187.
- Suarez Ospina, D., & Morales Hernández, Y. (2018). *Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas*.
- Sunil, C., & Xu, B. (2019). An insight into the health-promoting effects of taxifolin (dihydroquercetin). *Phytochemistry*, *166*, 112066. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.112066>

- Suriano, S., Balconi, C., Valoti, P., & Redaelli, R. (2021). Comparison of total polyphenols, profile anthocyanins, color analysis, carotenoids and tocopherols in pigmented maize. *LWT*, *144*, 111257. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111257>
- Tao, H., Zhao, Y., Li, L., He, Y., Zhang, X., Zhu, Y., & Hong, G. (2023). Comparative metabolomics of flavonoids in twenty vegetables reveal their nutritional diversity and potential health benefits. *Food Research International*, *164*, 112384. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112384>
- Tresserra-Rimbau, A., Rimm, E. B., Medina-Remón, A., Martínez-González, M. A., de la Torre, R., Corella, D., Salas-Salvadó, J., Gómez-Gracia, E., Lapetra, J., Arós, F., Fiol, M., Ros, E., Serra-Majem, L., Pintó, X., Saez, G. T., Basora, J., Sorlí, J. V., Martínez, J. A., Vinyoles, E., ... Lamuela-Raventós, R. M. (2014). Inverse association between habitual polyphenol intake and incidence of cardiovascular events in the PREDIMED study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *24*(6), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.12.014>
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects: An Overview. *Medicines 2018*, *Vol. 5*, Page 93, *5*(3), 93. <https://doi.org/10.3390/MEDICINES5030093>
- Ul-Allah, S., Ijaz, M., Nawaz, A., Sattar, A., Sher, A., Naeem, M., Shahzad, U., Farooq, U., Nawaz, F., & Mahmood, K. (2020). Potassium Application Improves Grain Yield and Alleviates Drought Susceptibility in Diverse Maize Hybrids. *Plants*, *9*(1), 75. <https://doi.org/10.3390/plants9010075>
- Vicente-Vicente, L., Prieto, M., & Morales, A. I. (2013). Eficacia y seguridad de la quercetina como complemento alimenticio. *Revista de Toxicología*, *30*(2), 171–181. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91931189008>

- Vilcacundo, R., Barrio, D., Carpio, C., García-Ruiz, A., Rúaless, J., Hernández-Ledesma, B., & Carrillo, W. (2017). Digestibility of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Protein Concentrate and Its Potential to Inhibit Lipid Peroxidation in the Zebrafish Larvae Model. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(3), 294–300. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0626-1>
- Vilcacundo, R., Barrio, D., Piñuel, L., Boeri, P., Tombari, A., Pinto, A., Welbaum, J., Hernández-Ledesma, B., & Carrillo, W. (2018). Inhibition of Lipid Peroxidation of Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Hydrolyzed Protein Using Zebrafish Larvae and Embryos. *Plants*, 7(3), 69. <https://doi.org/10.3390/plants7030069>
- Vilcacundo, R., Miralles, B., Carrillo, W., & Hernández-Ledesma, B. (2018). In vitro chemopreventive properties of peptides released from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein under simulated gastrointestinal digestion. *Food Research International*, 105, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.036>
- Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. *Bioactive Compounds*, 33–50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00002-5>
- Wang, C.-J., Wang, J.-M., Lin, W.-L., Chu, C.-Y., Chou, F.-P., & Tseng, T.-H. (2000). Protective effect of Hibiscus anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 411–416. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00011-9)
- Wang, P., Fang, J., Gao, Z., Zhang, C., & Xie, S. (2016). Higher intake of fruits, vegetables or their fiber reduces the risk of type 2 diabetes: A meta-analysis. *Journal of Diabetes Investigation*, 7(1), 56–69. <https://doi.org/10.1111/jdi.12376>
- Waters. (2013). *Simplify matrix complexity and extend detection capabilities ACQUITY QDa MASS DETECTOR APPLICATION NOTEBOOK.*

- Xin, H., Ahmad, N., Sun, K., Sun, F., Ur, S., Fu, Q., Li, Y., Zhang, Y., & Hu, G. (2020). Batch-to-batch variation in protein molecular structures , nutritive value, and ruminal metabolism in corn coproducts. *Animal Feed Science and Technology*, 263(January), 114428. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114428>
- Yang, F., Lim, G. P., Begum, A. N., Ubeda, O. J., Simmons, M. R., Ambegaokar, S. S., Chen, P., Kayed, R., Glabe, C. G., Frautschy, S. A., & Cole, G. M. (2005). Curcumin inhibits formation of amyloid β oligomers and fibrils, binds plaques, and reduces amyloid in vivo. *Journal of Biological Chemistry*, 280(7), 5892–5901. <https://doi.org/10.1074/jbc.M404751200>
- Yang, Z., & Zhai, W. (2010a). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.012>
- Yang, Z., & Zhai, W. (2010b). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.012>
- Yuan, Y., Xiang, J., Zheng, B., Sun, J., Luo, D., Li, P., & Fan, J. (2022). Diversity of phenolics including hydroxycinnamic acid amide derivatives, phenolic acids contribute to antioxidant properties of proso millet. *LWT*, 154, 112611. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112611>
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., & Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 25(49), 166–192. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14532635008>
- Zhang, Q., Gonzalez de Mejia, E., Luna-Vital, D., Tao, T., Chandrasekaran, S., Chatham, L., Juvik, J., Singh, V., & Kumar, D. (2019). Relationship of phenolic composition of selected purple maize (*Zea mays* L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and

anti-diabetic potential. *Food Chemistry*, 289, 739–750.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.116>

Zhang, Y., Seeram, N. P., Lee, R., Feng, L., & Heber, D. (2008). Isolation and Identification of Strawberry Phenolics with Antioxidant and Human Cancer Cell Antiproliferative Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 670–675.
<https://doi.org/10.1021/jf071989c>

Zhao, Z., Chen, Y., Li, X., Zhu, L., Wang, X., Li, L., Sun, H., Han, X., & Li, J. (2022). Myricetin relieves the symptoms of type 2 diabetes mice and regulates intestinal microflora. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113530.
<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113530>

Zheng, H., Yan, G., Lee, Y., Alcaraz, C., Marquez, S., Gonzalez, E., & Mejia, D. (2020). Effect of the extrusion process on allergen reduction and the texture change of soybean protein isolate-corn and soybean flour-corn mixtures. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64(June), 102421. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102421>

Zhou, D., Bai, Z., Guo, T., Li, J., Li, Y., Hou, Y., Chen, G., & Li, N. (2022). Dietary flavonoids and human top-ranked diseases: The perspective of in vivo bioactivity and bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 374–386.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.019>

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de la materia prima



MATERIA PRIMA (*Zea Mays L.*)



MOLINO



PROCESO DE MOLIENDA



OBTENCIÓN DE LA HARINA DE MAÍZ PÚRPURA

Anexo 2. Obtención y preparación del extracto



PESAJE DE LA MUESTRA



AGITACIÓN



SOLUCIÓN EXTRACTORA



ULTRASONIFICACIÓN

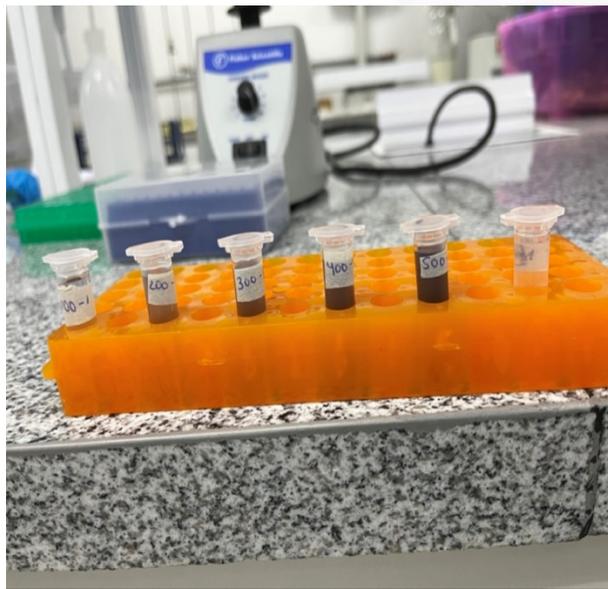


CENTRIFUGACIÓN

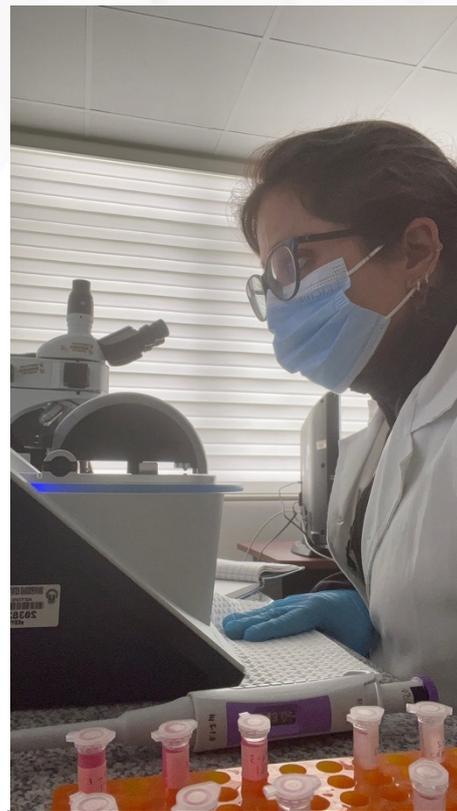


EXTRACTOS OBTENIDOS

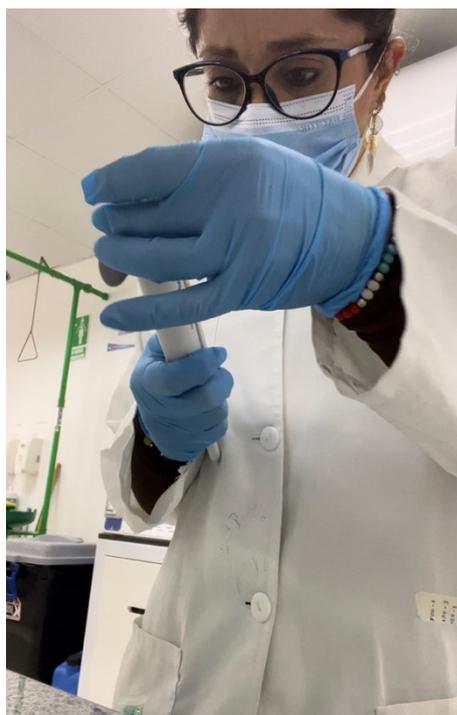
Anexo 3. Análisis de Polifenoles, Flavonoides y Antocianinas



PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE Y PATRONES



ESPECTROFOTOMETRÍA

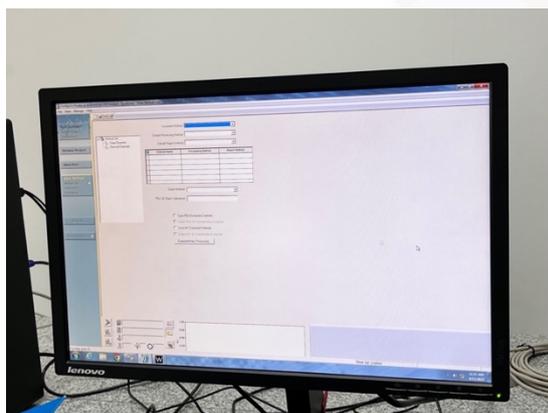


ESPECTROFOTOMETRÍA



PREPARACIÓN DE BUFFERS

Anexo 4. Análisis UHPLC



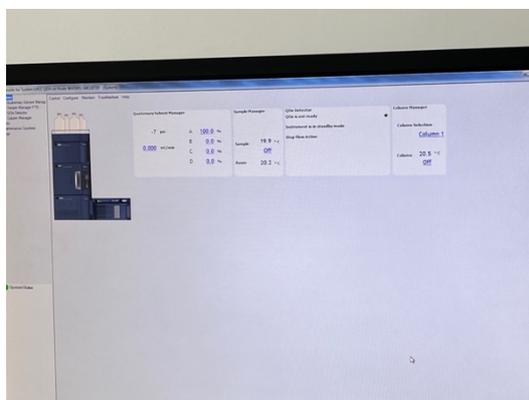
PREPARACIÓN DEL EQUIPO



PREPARACIÓN DE SOLUCIONES



CROMATÓGRAFO UHPLC



SOFTWARE EMPOWER

Anexo 5. Resultados UHPLC

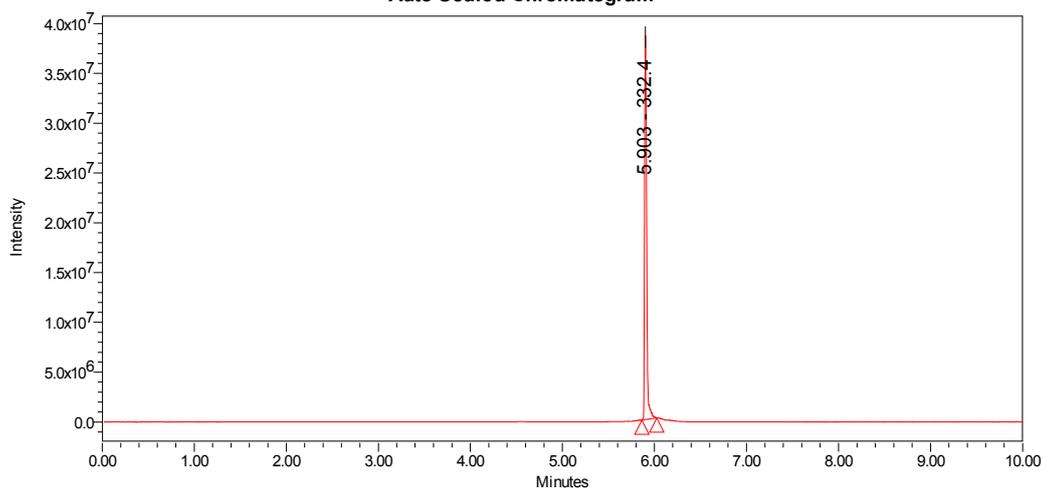
Empower 3
SOFTWARE

Laboratorio de Cromatografía

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	MAIZ
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	Polifenoles1
Injection #:	1	Processing Method:	Ac glucogalico
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch3 332.26 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch3 332.26
Date Acquired:	4/14/2022 11:38:29 AM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 11:53:06 AM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

Retention Time (min)	Area	Height	Width	Resolution	Signal-to-Noise
5.903	61245897	38059263			

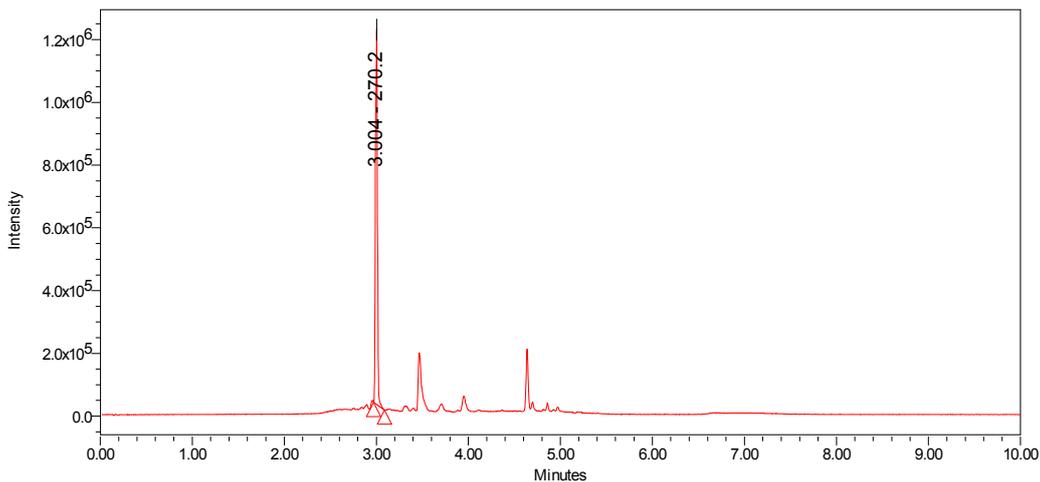
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 11:53:59 AM America/Guayaquil

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	maiz
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	polifenoles100a300
Injection #:	1	Processing Method:	apigenin
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch1 270.24 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch1 270.24
Date Acquired:	4/14/2022 3:24:31 PM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 3:41:42 PM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

3.004	1842155	1191830		
-------	---------	---------	--	--

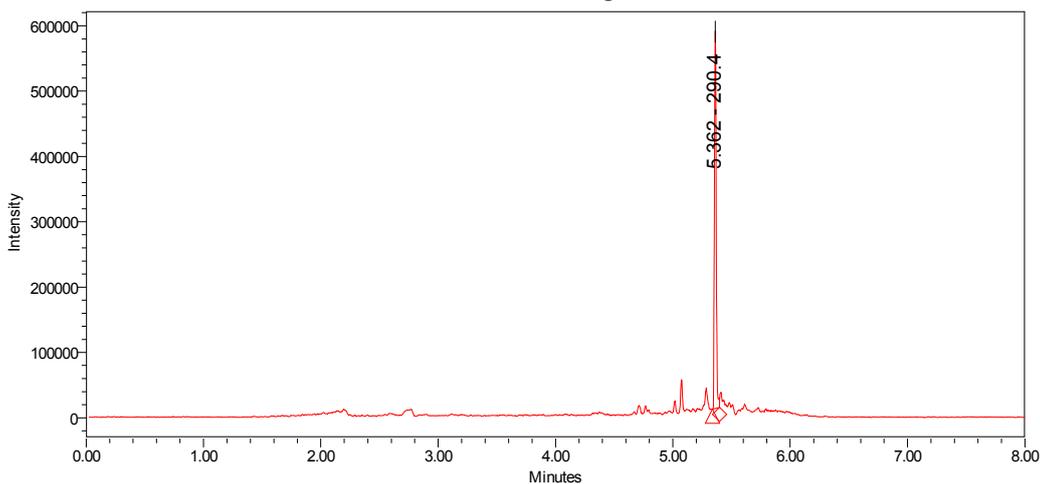
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 3:41:50 PM America/Guayaquil

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	MAIZINIAP199
Vial:	1:A,1	Acq. Method Set:	polifenoles
Injection #:	1	Processing Method:	Catequina
Injection Volume:	0.50 ul	Channel Name:	QDa Ch4 290.26 Da
Run Time:	8.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch4 290.26
Date Acquired:	4/5/2022 11:53:02 AM ECT		
Date Processed:	4/12/2022 11:10:54 AM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

5.362	615882	577385		
-------	--------	--------	--	--

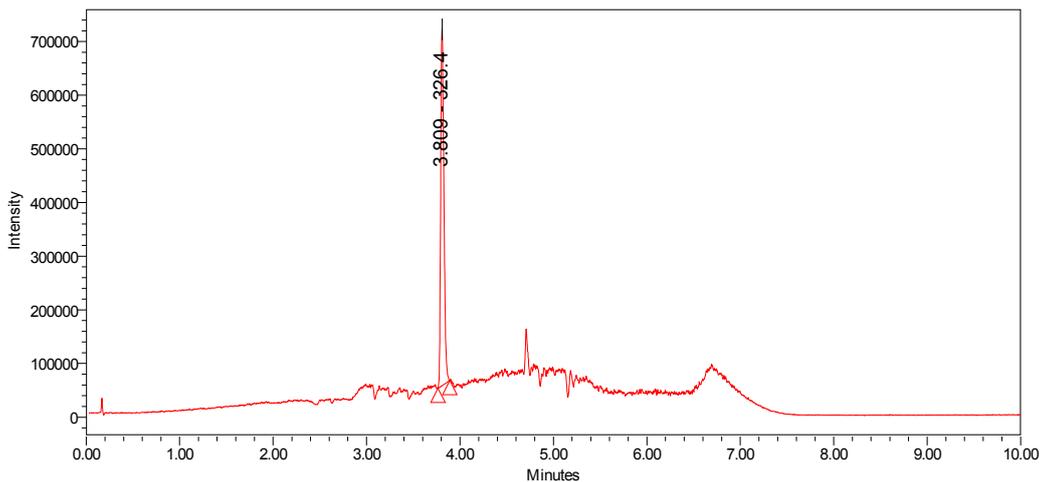
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: AGROPROBIOPEP
 Date Printed: 4/12/2022
 11:11:13 AM Guaranda/Ecuador

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	maiz
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	polifenoles100a300
Injection #:	1	Processing Method:	Coumaroyl glucose
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch2 326.30 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch2 326.30
Date Acquired:	4/14/2022 2:48:18 PM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 3:12:06 PM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

3.809	1553033	666745		
-------	---------	--------	--	--

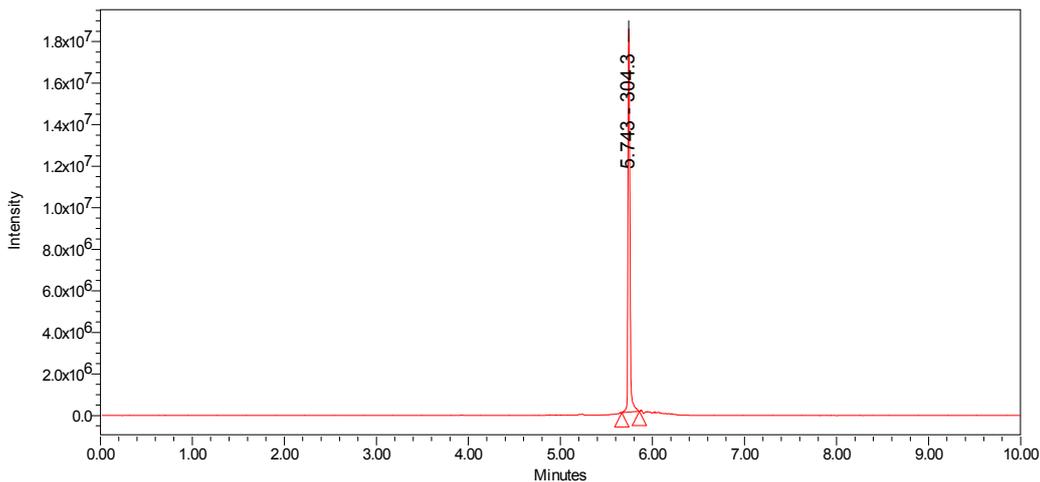
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 3:13:52 PM America/Guayaquil

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	MAIZ
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	Polifenoles1
Injection #:	1	Processing Method:	DIHIDROQUERCETINA
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch2 304.25 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch2 304.25
Date Acquired:	4/14/2022 11:38:29 AM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 11:51:09 AM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

5.743	27143441	18592987		
-------	----------	----------	--	--

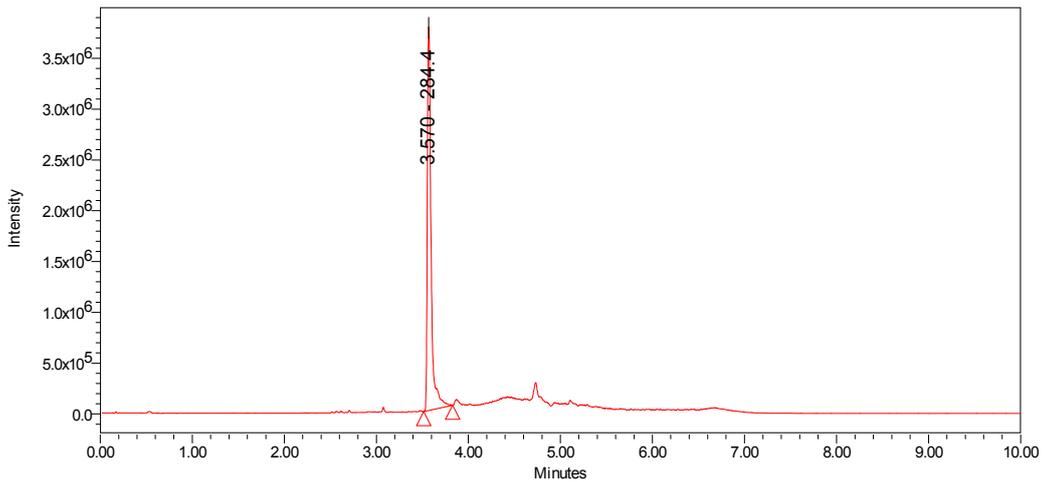
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 11:51:35 AM America/Guayaquil

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	MAIZ
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	polifenoles100a300
Injection #:	1	Processing Method:	GERALDONE
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch2 284.26 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch2 284.26
Date Acquired:	4/14/2022 1:36:47 PM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 1:49:20 PM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

3.570	10665330	3772648		
-------	----------	---------	--	--

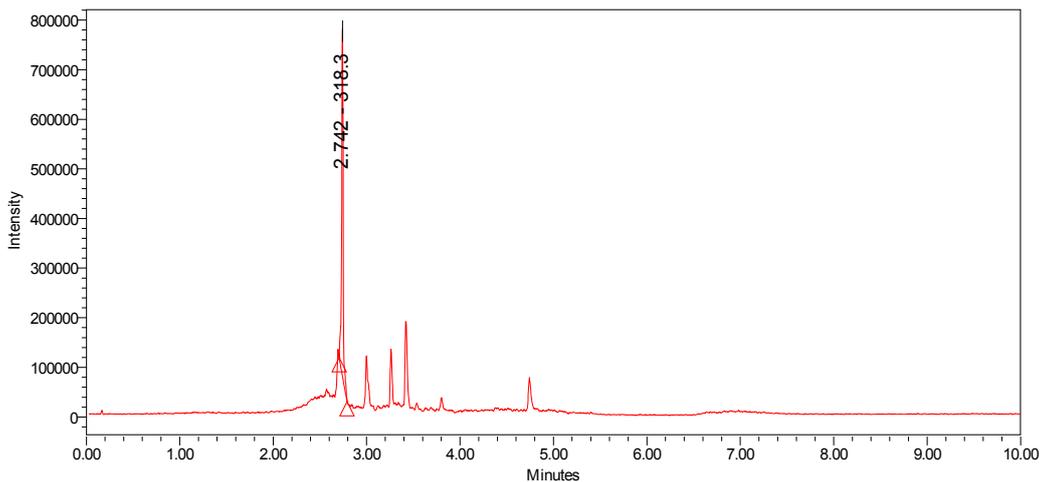
Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 2:05:26 PM America/Guayaquil

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	MAIZINIAP199	Acquired By:	AGROPROBIOPEP
Sample Type:	Unknown	Sample Set Name:	maiz
Vial:	1:A,5	Acq. Method Set:	polifenoles100a300
Injection #:	1	Processing Method:	miricetina
Injection Volume:	1.00 ul	Channel Name:	QDa Ch2 318.23 Da
Run Time:	10.0 Minutes	Proc. Chnl. Descr.:	QDa Positive(+) SIR Ch2 318.23
Date Acquired:	4/14/2022 2:14:34 PM ECT		
Date Processed:	4/14/2022 2:38:06 PM ECT		

Auto-Scaled Chromatogram



Peak Results

2.742	841314	703855		
-------	--------	--------	--	--

Reported by User: AGROPROBIOPEP (AGROPROBIOPEP)
 Report Method: Untitled
 Report Method ID: 125
 Page: 1 of 1

Project Name: Prueba
 Date Printed: 4/14/2022
 2:38:30 PM America/Guayaquil

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

