

**EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA
FLOR DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) OBTENIDOS MEDIANTE FLUIDOS
SUPERCRITICOS, HIDRODESTILACION Y EXTRACCION SOXHLET**

JULIAN ALVEIRO PUETATE MALTE

WILMER JOAN NARVAEZ MALLAMA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

SAN JUAN DE PASTO

2018

**EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA
FLOR DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) OBTENIDOS MEDIANTE FLUIDOS
SUPERCRITICOS, HIDRODESTILACION Y EXTRACCION SOXHLET**

JULIAN ALVEIRO PUETATE MALTE

WILMER JOAN NARVAEZ MALLAMA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

Ingeniero Agroindustrial

Director de tesis:

ANDRÉS MAURICIO HURTADO BENAVIDES Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

SAN JUAN DE PASTO

2018

Nota de responsabilidad

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

MS.c, Diego Fernando Mejía España

Jurado

Ph.D. Oscar Arango

Jurado

San Juan de Pasto, Octubre 2018.

Agradecimientos

En primer lugar agradecemos a Dios por la oportunidad de caminar por la vida cumpliendo nuestras metas.

Queremos agradecer profundamente a nuestros padres, Hermel Puetate, Mariana Malte y a Libardo Narváez y Edith Mallama, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de nuestros estudios, por enseñarnos que todo se lo puede realizar con disciplina y perseverancia. Gracias por el gran esfuerzo que hicieron para permitirnos estudiar una carrera universitaria.

Agradecemos y expresamos nuestra gratitud al director de tesis, Andrés Mauricio Hurtado Benavides Ph.D por el tiempo y esfuerzo dedicado a esta investigación, por su motivación, orientación y conocimientos que nos permitió terminar de la mejor manera.

Agradecemos a nuestros jurados Diego Mejía y Oscar Arango, por su contribución y atención durante el desarrollo de esta investigación.

A la facultad de ingeniería agroindustrial por ser nuestro segundo hogar y permitirnos hacer realidad nuestro sueño de salir como profesionales.

A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la realización de esta investigación: GRACIAS.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se estudió la extracción y caracterización de los compuestos bioactivos de la flor de papa (*Solanum tuberosum*). Los extractos de la flor fueron obtenidos mediante las técnicas de fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción soxhlet, usando equipos a escala de laboratorio; mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) se realizó la separación e identificación de los compuestos de los extractos.

En la técnica de fluidos supercríticos se emplearon presiones entre 200 y 400 bar a una temperatura de 40°C, y se utilizó CO₂ como solvente. La hidrodestilación se trabajó a temperatura de ebullición del agua en Pasto 92.8°C y se utilizó diclorometano para la extracción líquida – líquida de la muestra obtenida. En la extracción tipo soxhlet se utilizaron dos solventes: etanol y hexano, las temperaturas fueron 78°C y 69°C respectivamente, siendo estos el punto de ebullición para cada solvente. Los tiempos de extracción fueron diferentes en cada técnica, para fluidos supercríticos se utilizaron 2 horas, en hidrodestilación se utilizaron 4 horas y en soxhlet 8 horas en cada uno de los ensayos, los cuales se realizaron por triplicado en cada método.

El método de soxhlet con etanol fue el más conveniente para extraer mayores cantidades de los compuestos con un rendimiento del 0.817% siendo el porcentaje mayoritario, el tratamiento con menor porcentaje de rendimiento de compuestos extractados fue el de fluidos supercríticos a 200 bar que presentó un valor de 0.306%.

Los resultados indicaron una composición cualitativa con algunas similitudes en los tres métodos, encontrándose ceras, terpenoides, ácidos grasos y algunos alcoholes con gran potencial en diferentes industrias; los análisis identificaron un total de 100 compuestos en las diferentes

extracciones, se encontró ácido Palmítico en todos los tratamientos, siendo la única sustancia en común en los cinco procedimientos, el 10% de los compuestos se presentaron en cuatro métodos de extracción.

Palabras Claves: *Solanum tuberosum*, fluidos supercríticos, hidrodestilación, soxhlet, GC/MS.

Abstract

In the present work of investigation the extraction and characterization of the bioactive compounds of the flower of Pope (*Solanum tuberosum*) was studied. The extracts of the flower were obtained by the techniques of supercritical fluids, hydrodistillation and soxhlet extraction, using laboratory-scale equipment; Gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) was used to separate and identify the compounds in the extracts.

In the technique of supercritical fluids pressures between 200 and 400 bar were used at a temperature of 40 ° C, and CO₂ was used as solvent. The hydrodistillation was carried out at boiling temperature of the water in Pasto 92.8 ° C and dichloromethane was used for the liquid - liquid extraction of the obtained sample. In the soxhlet type extraction, two solvents were used: ethanol and hexane, the temperatures were 78 ° C and 69 ° C respectively, these being the boiling point for each solvent. The extraction times were different in each technique, for supercritical fluids 2 hours were used, in hydrodistillation 4 hours were used and in soxhlet 8 hours in each of the tests, which were performed in triplicate in each method.

The soxhlet method with ethanol was the most convenient to extract greater quantities of the compounds with a yield of 0.817% being the majority percentage, the treatment with the lowest percentage of yield of extracted compounds was that of supercritical fluids at 200 bar that presented a value of 0.306%.

The results indicated a qualitative composition with some similarities in the three methods, finding waxes, terpenoids, fatty acids and some alcohols with great potential in different industries, the analyzes identified a total of 100 compounds in the different extractions, found

palmitic acid in all the extractions, being the only substance in common in the five procedures, 10% of the compounds were presented in four extraction methods.

Key words: *Solanum tuberosum*, supercritical fluids, hydrodistillation, soxhlet, GC - MS.

Contenido

	Pag.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. Planteamiento del problema de investigación y justificación.....	17
1.2 Pregunta de investigación	20
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. Marco teórico y estado del arte.....	22
3.1 Generalidades de la papa.....	22
3.2 La flor de la papa.....	23
3.3 Métodos de extracción	23
3.3.1 Fluidos supercríticos.....	24
3.3.2 Hidrodestilación.....	25
3.3.3 Soxhlet.....	27
3.4 Estado del arte	29
4. Materiales y métodos	40
4.1 Obtención y adecuación de la materia prima	40
4.1.1 Molienda, empaçado y almacenamiento de materia prima.	41
4.2 Extracción de compuestos de la flor de papa.	42

4.2.1 Extracción con fluidos supercríticos.....	43
4.2.2 Extracción con hidrodestilación.	45
4.2.3 Extracción con soxhlet.....	46
4.3 Análisis de los extractos por cromatografía de gases y espectrometría de masas(GC-MS)	47
4.4 Diseño experimental y análisis estadístico.....	48
4.5 Determinación de la potencialidad del extracto de flor de papa.	50
5. Resultados y discusión.....	50
5.1 Humedad de la materia prima.	50
5.2 Análisis de rendimientos en extracciones.	51
5.2.1 Extracción por fluidos supercríticos y soxhlet.	51
5.2.2 Comparación de rendimiento entre tratamientos.....	52
5.3 Análisis de compuestos en extractos por GC-MS.....	54
5.4 Determinación de los usos etnobotánicos e industriales de los compuestos encontrados por GC-MS.....	64
Conclusiones.....	72
Recomendaciones	73
Referencias:.....	74
Anexos	82

Lista de Tablas

	Pag.
Tabla 1: Matriz de experimentos.....	49
Tabla 2: Resultados del % de rendimiento de los compuestos extractados según el diseño experimental para la extracción por fluidos supercríticos y extracción soxhlet de la flor de papa.....	52
Tabla 3: Análisis de varianza para % en rendimiento (ANOVA).....	52
Tabla 4: Comparaciones posibles entre tratamientos en múltiples rangos para rendimiento (Tukey HSD).....	53
Tabla 5: Compuestos identificados en la flor de la papa, clasificados por familias en cada tratamiento.	56
Tabla 6: Composición de la flor de papa (% de área relativa) de los compuestos extractados a partir de diferentes técnicas de extracción: Fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción soxhlet.	60
Tabla 8: Usos etnobotánicos de los esteres de ácidos grasos mayoritarios.....	71

Lista de figuras

	Pag.
Figura 1: Equipo de fluidos supercríticos.....	25
Figura 2: Equipo de hidrodestilación.....	27
Figura 3: Equipo de soxhlet.....	28
Figura 4: Secado de la flor de papa	41
Figura 5: Molino IKA A11 Basic	42
Figura 6: Flujograma y procedimiento de la flor de la papa	42
Figura 7: Equipo de extracción con fluidos supercríticos.	44
Figura 8: Equipo de hidrodestilación.....	45
Figura 9: Equipo de extracción Soxhlet.	46
Figura 10: Muestras de flor de papa de fluidos supercríticos y soxhlet	47
Figura 11: Equipo de GC-MS QP2010S del laboratorio de cromatografía de la Universidad de Nariño.....	48
Figura 12: Prueba de rangos múltiples de Tukey HSD para % de rendimiento con cada tratamiento	54

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*, L.) pertenece a la familia Solanácea. Algunos de los bien conocidos cultivos como el tomate, la berenjena, el tabaco, el pimiento, entre otros, también pertenecen a esta familia; pero, a diferencia de ellos, la papa es cultivada comercialmente a través de tubérculos. Sin embargo, esta puede ser propagada sexualmente mediante semilla sexual o semilla botánica (Salomón, Estévez, Gonzáles, & Castillo, 2002).

La papa ha sido uno de los principales alimentos de la población colombiana, se destaca como el cultivo más importante de clima frío, según Fedepapa, Nariño es el tercer departamento más importante en términos de producción, anualmente aporta cerca del 19% del agregado nacional, y su área cultivada oscila alrededor de 26,394 hectáreas para 2017. El departamento produce papa en aproximadamente 21 municipios siendo un número significativo además de ser el mayor proveedor del centro del país en el primer semestre. Nariño depende su economía en la mayoría de actividades agrícolas y ganaderas, por lo cual se encuentra la necesidad de realizar estudios sobre las flores que generan los cultivos agrícolas siendo el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) uno de los más representativos en la región.

Dado que las flores se consideran desechos y excedentes, es de interés ir más allá de sus pocos usos y obtener un extracto natural de la flor de la papa para poder caracterizar sus propiedades fisicoquímicas que puedan ayudar a buscar alternativas en las industrias alimenticias, farmacéuticas en bioinsumos y cosmética e inhibir o eliminar algún tipo de microorganismo presente en este cultivo con productos naturales. De acuerdo con lo anterior, es importante resaltar que los estudios de sustancias de origen natural tales como extractos y aceites vegetales se han llevado a cabo además para evaluar su efecto antimicrobiano, fungicida, insecticida y plaguicida (Pérez & Rincón, 2007). Dicha caracterización según la revisión

realizada en bases de datos científicas no ha sido hasta el momento reportada en la literatura científica.

Diferentes métodos han sido usados para la extracción de los compuestos bioactivos, los métodos tradicionales requieren altos tiempos de residencia y grandes cantidades de solvente. Estos métodos se basan en la selección del solvente asociado con el uso de calor y/o agitación e incluyen el soxhlet, la hidrodestilación y maceración mezclada con agua, alcohol o grasa caliente (Luque de Castro & Garcia, 1998). El método convencional para extracción es la hidrodestilación, sin embargo las altas temperaturas que se manejan en este método, hacen que se pierdan los compuestos más volátiles del aceite o se descompongan aquellos que son termolábiles. La extracción con Soxhlet es una técnica bien establecida. Entre sus ventajas, por encima de otros nuevos métodos está la de tener bastantes aplicaciones industriales, buena reproducibilidad y eficacia, y menor manipulación del extracto (Velasco, Villada , & Carrera, 2007). De un tiempo a esta parte se han desarrollado varias técnicas nuevas para la extracción de solutos de matrices sólidas, entre ellas se tiene la extracción con fluidos supercríticos (Brunner, 2005), con la finalidad de reducir el tiempo de extracción, aumentar el rendimiento y la calidad del extracto. Se puede considerar como una tecnología selectiva, que requiere menor tiempo de extracción, consume menos energía y coincide con las exigencias actuales del mercado en el sentido de promover el uso de procesos de nulo impacto ambiental, cada vez más limpios en términos ecológicos y que cumplan la normativa en cuanto a las restricciones de utilización de solventes contaminantes (Pasquel, Del Castillo, Sorero, & García, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue extraer y caracterizar los compuestos bioactivos de la flor de la papa (*Solanum tuberosum*) con el fin de obtener un conocimiento más profundo de su composición, dada la complejidad del extracto de la flor su estudio requiere una selección

cuidadosa de las técnicas de extracción, por esta razón se utilizaron diferentes métodos para identificar distintos componentes en el extracto, la calidad depende en gran medida de la técnica utilizada; fluidos supercríticos, hidrodestilación y soxhlet, fueron seleccionados para la extracción. La determinación de los compuestos bioactivos se efectuó mediante la técnica instrumental de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa (GC/MS), con el fin de describir correctamente los compuestos con diversa polaridad y concentración de la muestra; por lo tanto es razonable caracterizar el extracto con el fin de tener un conocimiento mas profundo de su composición, este estudio pretende contribuir a la generación y aplicación de conocimientos, la apropiación de tecnologías emergentes como la extracción con fluidos supercríticos para innovar y contribuir al desarrollo de nuevos productos, con alto valor agregado que puedan fortalecer el sector productivo de la papa.

1. Planteamiento del problema de investigación y justificación.

La actividad económica de la agricultura da lugar a la generación de cantidades importantes de subproductos o residuos derivados de las explotaciones agrícolas que normalmente no se reintegran en el ciclo de dichas actividades, siendo abandonadas y que originan repercusiones ambientales, sanitarias y económicas, entre ellos destacan las flores, siendo un foco importante de infección para los cultivos y de afecciones ambientales como: la contaminación de aguas de riego, la generación de malos olores y transmisión de plagas como consecuencia de la putrefacción de restos orgánicos además de una mala imagen y los residuos vegetales entre matas y flores que son vertidos en zonas abiertas donde pasta el ganado, suponiendo un alimento no controlado que puede contener restos de productos fitosanitarios con peligro de ingesta de pesticidas o productos tóxicos que se incorporan al metabolismo animal y transmisión al hombre mediante la carne o leche.

Según la revisión realizada en diferentes bases de datos científicas, hasta el momento no existen investigaciones sobre la composición y potencial de los compuestos presentes en la flor de la papa, los anteriores problemas podrían ser abordados por la agroindustria de manera integrada, pero desafortunadamente no hay esfuerzos concretos en tecnología e innovación en el manejo ambiental de desechos.

Existe deficiencia en investigación, en el país se desarrolla de manera lenta y escasa el tema de agroindustria no alimentaria, existen pocos programas de investigación enfocados en el aprovechamiento de residuos como la flor de la papa, donde se trabaja muy poco recursos que pueden llegar a tener potencial en la industria, ésta situación está principalmente relacionada con la carencia de visión, relevancia en el tema y la baja inversión colombiana en investigación

científica que se muestra en la ausencia de patentes, el valor agregado que se genere para estas flores depende en gran medida de las investigaciones científicas que se realicen en el país.

Una parte importante de la agroindustria es el estudio de productos no alimentarios y aprovechamiento de materias primas que no sean de consumo humano en este caso la flor, la cual puede ser aprovechada de forma importante en la industria que se necesite.

El cultivo de papa es fundamental para la económica colombiana, es la actividad agrícola más sobresaliente y con mayor demanda de insecticidas y fungicidas; familias, comerciantes y transportadores dependen directamente del cultivo entre agentes que se benefician indirectamente, pero a pesar de ser una de las actividades agrícolas más sobresalientes presenta un mal manejo de residuos que ha caracterizado al mercado de este tubérculo en Colombia, se podría replantear las formas en las que se viene manejando este tema, para esto se requiere apuntarle al desarrollo de la industria encaminada a lograr que este subsector se consolide con nuevas opciones en el mercado. Al requerir materias primas renovables se contribuye al desarrollo sostenible de zonas con un menor nivel de industrialización, lo que favorece a su crecimiento económico.

Para alcanzar este objetivo con los extractos de la flor de la papa se buscó caracterizar los compuestos que estos puedan tener y la posible aplicación en productos de interés agroindustrial, las flores pueden llegar a tener un gran potencial para ayudar a controlar las enfermedades del mismo cultivo aumentando los estándares de calidad y obteniendo un cultivo sano lo que conlleva a que los productores tengan mejoramientos en la producción y logren sostener una demanda dentro de los mercados.

En el crecimiento vegetativo tenemos el desarrollo de la floración, La flor de la papa se genera durante su cultivo en el periodo de 12 a 16 semanas de edad, es una parte de la planta que

no es aprovechada, no se considera útil ya que de esta no se obtiene ningún producto ni beneficio por las industrias, existiendo la necesidad de explotar otras partes diferentes a las ya conocidas.

A pesar de que la papa está sometida a varias enfermedades como tizón tardío, alternaría y Rhizoctonia aparentemente la flor no es afectada por estas enfermedades, entonces se puede deducir que la flor de la papa contiene metabolitos o sustancias de interés que pueden ser utilizados en la agroindustria como bioinsumo; además se le atribuyen a la flores propiedades como anticonvulsivo siendo también remedio para ataques, desmayos además de narcótico provocando el sueño en las personas, siendo propiedades que pueden ser también aprovechadas y las cuales se las usa de manera artesanal en algunos cabildos del departamento de Nariño.

Las plantas son fundamentales para la vida del planeta es importante conocerlas y estudiar su complejidad para desarrollar mejores productos y nuevos beneficios. Para satisfacer necesidades actuales se puede tener en cuenta partes de las plantas que no se han utilizado a nivel industrial, en este caso la flor de la papa teniendo en cuenta la importancia que tiene la innovación hoy en día.

A pesar de que la gama de las industrias que utilizan los compuestos bioactivos es amplia y variada, los extractos de plantas es un campo poco explorado en nuestro país, aunque existe evidencia de múltiples usos de forma artesanal, existe la necesidad de buscar alternativas que sean viables para los productores. La importancia de esta investigación es la búsqueda de compuestos que contribuyan a nuevos productos biológicos que se pueden generar a un menor costo, y lo más importante es que tienen un efecto menos agresivo que los productos químicos en el medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación se encaminó a determinar los compuestos o metabolitos presentes en la flor de la papa e identificar las posibles aplicaciones en

la industria alimentaria, cosmética, farmacéuticos, bioinsumos presentando un marco de oportunidades; además se promueve el cuidado del medio ambiente.

Contribuir al desarrollo competitivo, sostenible y equitativo de la agroindustria colombiana a través de actividades de innovación en los diferentes eslabones de la cadena, con la generación de nuevos conocimientos, formación de nuevos productos con un fuerte componente de investigación propendiendo la generación de valor agregado y fortalecimiento empresarial.

1.2 Pregunta de investigación

Todos los anteriores aspectos condujeron a la siguiente pregunta de investigación, ¿es posible que los extractos de la flor de la papa obtenidos mediante fluidos supercríticos, Soxhlet e hidrodestilación tengan compuestos bioactivos de interés en aplicaciones para las diferentes industrias?

Lo anterior justifica realizar el estudio creando conocimiento en un área que ha sido trabajada pero en este caso carece de caracterización además de explorar las virtudes que poseen las sustancias químicas de la flor mencionada.

Las flores pueden encerrar compuestos desconocidos que podrían llegar a tener gran valor, vale la pena aumentar nuestro conocimiento acerca de ellos ya que la innovación hoy en día es importante para la creación de nuevos y mejores recursos para obtener beneficios económicos y ambientales.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Extraer y caracterizar los compuestos bioactivos de la flor de la papa (*Solanum tuberosum*) obtenidos mediante fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción soxhlet.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar la composición de extractos obtenidos por diferentes técnicas de extracción: fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción soxhlet.
- Identificar posibles usos etnobotánicos e industriales de los extractos a partir de información secundaria.

3. Marco teórico y estado del arte

3.1 Generalidades de la papa

La papa (*solanum tuberosum*) es uno de los cultivos más importantes del mundo, junto con el arroz, trigo, maíz. Se la cultiva en 130 países, en donde habitan aproximadamente tres cuartos de la población mundial (Colcha, 2009), no es posible imaginarnos una alimentación que no contenga papas ya que es un alimento básico en la dieta, tiene diferentes preparaciones y presentaciones tanto en los hogares como a nivel industrial. Esta especie se cultiva entre 1.800 y 3.200 msnm; es óptima la altura comprendida entre 2.300 y 2.800 msnm, lo que equivale a un rango de temperatura promedio de 10-20 °C y requiere una precipitación promedio anual de 900 mm; sin embargo, el cultivo se desarrolla bien con precipitaciones superiores (Perez , Rodriguez, & Gomez , 2008), existe una gran variedad de papas en diferentes colores, formas, presentando además su biodiversidad tiene una característica importante que es la resistencia natural a algunas condiciones climáticas.

La planta de papa es herbácea, conformada por dos partes principalmente: sección subterránea compuesta por la raíz, estolones, tubérculos y tubérculo madre, y la sección aérea conformada por tallos principales y secundarios, hojas, flores y frutos. Al finalizar cada ciclo productivo, la parte aérea de la planta muere (Corzo, Moreno, Franco, & Fierro, 2003), generando una gran cantidad de residuos que ocasionan un impacto negativo al medio ambiente, con el fin de mitigar este impacto y dar valor agregado a estos desechos se plantea la utilización de la flor de la papa.

3.2 La flor de la papa

Algunos residuos de la cosecha anterior se pueden utilizar como abono, incorporándolos al suelo para así aprovechar sus beneficios y reducir el inóculo de plagas y enfermedades que quedan del cultivo anterior pero en este caso con la flor de la papa no existe ninguna utilidad. Cuando el follaje se torna amarillo y se comienzan a caer las hojas de manera natural se corta o madura el follaje. Esto se ha de hacer 10 días antes de la cosecha para estimular la turgencia en los tubérculos y promover la acumulación de materia seca.

En algunos municipios de Nariño la infusión de las hojas y flores secas de la papa es anticonvulsiva, se la usa como remedio para los ataques, desmayos, temblores, es de gran ayuda para combatir la epilepsia, actúa contra la leucorrea o flujos vaginales, hay que tener en cuenta que también es narcótico, es decir que provoca el sueño.

Son pocas las investigaciones realizadas con relación a la extracción y composición de los extractos de la flor de la papa (*Solanum tuberosum*) siendo el carácter aromático de sus hojas muy bajo, es escasa la información y un conocimiento limitado. La familia Solanaceae es reconocida mundialmente por su importancia en términos de vegetales cultivables y el amplio rango de utilidad agronómica de sus especies, que incluyen al importante género *Solanum*.

3.3 Métodos de extracción

La extracción de compuestos bioactivos es una alternativa para generar progreso, permitiendo a la agroindustria tener un mayor potencial y desarrollo en diferentes industrias, obteniendo así mayores beneficios generando mejores ingresos a los productores, además de traer innovación aprovechando los usos que puedan tener los residuos que quedan después de la realización de un proceso.

Existen varios métodos extractivos con diferencias en cuanto a calidad del producto, además de los costos de inversión y operativos, los utilizados en la investigación fueron fluidos supercríticos, hidrodestilación y soxhlet.

3.3.1 Fluidos supercríticos

Cuando una determinada sustancia se encuentra a valores superiores a los de su punto crítico se le conoce como fluido supercrítico. Bajo estas condiciones no se licua por más que se aumente la presión ni se vaporiza por más que la temperatura se eleve (Castañeda, Gallego, & Mora, 2004). El proceso de extracción en fluidos supercríticos contiene las siguientes etapas (Esquivel & Vargas, 2007):

Etapa de presurización: Se eleva la presión del gas a utilizar como solvente a un valor P_1 por encima de su presión crítica P_c ; esta operación se realiza por medio de un compresor o bomba; etapa de ajuste de temperatura: Se remueve o adiciona energía térmica, ya sea con un intercambiador de calor, baños térmicos o resistencias eléctricas, para llevar el solvente comprimido a la temperatura de extracción requerida, estado que está por encima de su temperatura crítica. Etapa de extracción: Se conduce el FSC al extractor donde se encuentra la muestra o materia prima que contiene el soluto de interés. Etapa de separación: el gas se descomprime a una presión P_2 inferior a la presión crítica, liberándose el soluto en un recipiente separador.

El empleo de SFE a escala de laboratorio (figura 1) se ha centrado fundamentalmente en aceites esenciales y oleorresinas de vegetales. Esto es debido a su posible utilización como ingredientes funcionales, principalmente como antioxidantes (Herrero, Cifuentes, & Ibañez, 2006). En el área de los fitoquímicos las aplicaciones industriales de los fluidos supercríticos tienen un mayor campo de actuación. Las aplicaciones industriales de la SFE son: en la industria

alimentaria, en el concentrado de aromas y fragancias vegetales, en extracción de pigmentos y antioxidantes de vegetales, en extracción de plaguicidas naturales, y extracción y fraccionamiento de aceites y grasas (Mukhopadhyay, 2001).

La extracción con fluidos presurizados es una tecnología que coincide con las exigencias actuales del mercado en el sentido de promover el uso de procesos de nulo impacto ambiental, cada vez más limpios en términos ecológicos (Pasquel A. , 2002); la extracción de fluidos supercríticos genera un impacto menor en el medio ambiente, siendo esta su mayor ventaja, es una tecnología limpia porque, al usar sustancias como el CO₂ o el agua, los residuos que se producen no son tóxicos y se reciclan fácilmente.



Figura 1: Equipo de fluidos supercríticos

Fuente: Kisspng.com

3.3.2 Hidrodestilación

La hidrodestilación es un proceso conocido y difundido mundialmente para obtener el aceite esencial de una planta aromática. Sin embargo, existen escasos estudios sistemáticos para conocer los fenómenos controlantes del proceso y permitan entenderlo física o químicamente, con los propósitos de: controlarlo, simularlo y optimizarlo eficientemente (Cerpa, 2007).

No existe un nombre claro y conciso para definirlo, debido a que se desconoce exactamente lo que sucede en el interior del equipo principal (figura 2) y porque se usan diferentes condiciones del vapor de agua para el proceso. Cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua generadora del vapor, se le llama “hidrodestilación” (Palacios & Castillo, 2015). El proceso para obtener los extractos se realiza mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica; el generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor. Su presión es superior a la atmosférica, pero el vapor efluente, que extrae al aceite esencial está a la presión atmosférica. La materia prima forma un lecho compacto y se desprecia el reflujó interno de agua debido a la condensación del vapor circundante (Cerpa, 2007), el proceso termina, cuando el volumen del aceite esencial acumulado en el florentino no varíe con el tiempo. A continuación, el aceite es retirado del florentino y almacenado en un recipiente y en lugar apropiado.

Los usos de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación son muy amplios están orientados a la perfumería; la cosmética; la industria farmacéutica, como aditivo e insumo para sintetizar compuestos; la alimentaria, como aditivo y como insumo para la fabricación de productos de higiene personal y de limpieza doméstica, otras nuevas aplicaciones con un gran potencial futuro son de ingredientes para la formulación de biocidas para uso veterinario o agrícola (Cerpa, 2007).



Figura 2: Equipo de hidrodestilación.

Fuente: plantasaromaticasymedicinales.blogspot.com.

3.3.3 Soxhlet.

La extracción en el equipo Soxhlet (figura 3), es una operación que está presente prácticamente en todos los procesos tecnológicos relacionados con la industria química y agroquímica.

El extractor Soxhlet es de vidrio utilizado para la extracción de sustancias, generalmente, de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, por medio de un solvente. El sistema se compone de un balón donde se encuentra un solvente orgánico que es calentado hasta ebullición, un tubo de extracción soxhlet, donde se coloca la muestra, la cual, va contenida en un cartucho de celulosa y un condensador. Después de evaporarse, el solvente orgánico es condensado y cae al tubo Soxhlet, en el cual extrae el aceite contenido en la muestra hasta que el tubo se llena; cuando el tubo está lleno de solvente, este es sifonado hasta el balón que contiene el resto de solvente y se repite el proceso (Florián, 2014).

El método soxhlet es un extractor intermitente, muy eficaz, pero tiene la dificultad de usar cantidades considerables de disolvente, además se debe tener en cuenta, la selección del solvente, la matriz sólida y las condiciones de operación. Debe seleccionarse un solvente conveniente de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables: alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto. Cada solvente diferente produce extractos y composiciones específicos. El solvente más ampliamente utilizado para extraer extractos vegetales de las plantas es el etanol. Durante la extracción en el Soxhlet, el solvente se recupera normalmente por evaporación. Las temperaturas de extracción y evaporación tienen un efecto significativo en la calidad final de los productos (Caldas, 2012). El manejo de los equipos es accesible a todo tipo de personas y su construcción es económica para obtener productos de calidad, es importante establecer los parámetros de extracción para estandarizar el proceso, esto garantizará la calidad, rendimiento, seguridad y eficacia del producto.



Figura 3: Equipo de soxhlet

Fuente: plantasaromaticasymedicinales.blogspot.com

3.4 Estado del arte

Se realizó una revisión de investigaciones, entre las fuentes documentales se destacaron artículos de revistas científicas, el material se refirió al tema de diferentes procesos de extracción de compuestos bioactivos, su posterior análisis y los posibles usos en diferentes industrias; fue importante ya que desarrollaron temas de nuestro interés y fueron de utilidad para enfocar nuestros trabajo y alimentarnos de los modelos metodológicos y prácticos en temas comunes.

A continuación se presentan algunas investigaciones enfocadas en diferentes procesos de extracción y el posterior análisis por cromatografía de gases:

El aceite esencial de hojas e inflorescencias de *Piper auritum*, obtenido por hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (MWHD), se analizó por cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). El rendimiento de extracción fue de 2,3% para hojas y de 2,4% para inflorescencias. La identificación, mostró como componentes mayoritarios safrol, 94,0% (hojas) y 90,3% (inflorescencias) y miristicina, 3,2% (hojas) y 5,8% (inflorescencias). La actividad antioxidante del aceite fue evaluada y comparada con la de la vitamina E (Stashenko, Martinez, Leyva, & García, 2007).

Se tomaron muestras del material vegetal de estragón (*Artemisia dracunculoides* L), altamisa (*Franseria artemisioides* Willd), salvia roja (*Salvia officinalis* L), orozú *Lippia dulcis* Frev y albahaca *Occimum americanum* L, mediante el corte manual se separaron hojas, tallos y flores de cada especie. Se determinó el porcentaje de materia seca y se acondicionó para el proceso de extracción de aceite esencial mediante arrastre con vapor. A los aceites obtenidos se les midió la densidad, y el índice de refracción, y al de mayor rendimiento en cada especie se le determinó la composición química mediante cromatografía de gases acoplada a masas, los compuestos químicos más representativos fueron elemicina (40.11%) en estragón, el β -himachaleno (53.98%)

en altamisa, trans- β -cariofileno (22.18) en salvia Roja, α -bisabolol (15.79%) en orozúl y 1,8-cineol (eucaliptol) (23.34%) en albahaca.

Los mayores rendimientos de aceite esencial se presentaron en las hojas de las cinco especies; salvia roja mostró el mayor rendimiento en peso fresco total en hojas y tallos y la albahaca en flores; el estragón no presentó flores al momento de la cosecha. El mayor contenido de materia seca en hojas y tallos se obtuvo en orozul y la mayor concentración de aceite esencial en tejido de flores de salvia roja. No se encontraron cantidades significativas de aceite esencial en tallos de salvia roja y altamisa, ni en flores de altamisa. Los aceites esenciales obtenidos de hojas de albahaca y flores de salvia roja revelaron las mayores densidades. La menor se presentó en flores de orozul. Todos los aceites esenciales presentan potenciales usos agroindustriales, que varían de acuerdo con la especie y con sus componentes, desde usos en el sector de fragancias, cosmético, medicinal, alimenticio, hasta usos en el sector agrícola (Saldarriaga, Sánchez, Bonilla, Sánchez, & Torres, 2010).

Se presentan los resultados experimentales de la extracción del aceite esencial de la especie vegetal *Eupatorium odoratum* usando hidrodestilación y dióxido de carbono supercrítico. Se utilizaron las partes aéreas de la planta para todos los experimentos y los procedimientos fueron aplicados sobre muestra fresca y recién colectada. Las condiciones experimentales de la extracción con CO₂ supercrítico fueron 1500 psi, 40 °C y 3 minutos de extracción. Se obtuvo un rendimiento de extracción del 0,12% (CV 14%) de aceite esencial usando hidrodestilación y un 0,20% (CV 26%) usando CO₂ supercrítico. El aceite esencial obtenido por hidrodestilación resultó ser rico en sesquiterpenos (65,2%), monoterpenos (30,5%), sesquiterpenos oxigenados(3,9%) y monoterpenos oxigenados (0,3%), mientras que el aceite obtenido con CO₂ supercrítico resultó ser rico en sesquiterpenos (52,4 %), sesquiterpenos oxigenados (34,4%) y

monoterpenos (2,6 %); se extrajeron además, otras sustancias de peso molecular entre 350 y 600 g/mol (11,7 %) presumiblemente ceras cuticulares de la planta (Sánchez & Restrepo, 2009).

La hidrodestilación, extracción con disolvente orgánico y enfleurage son técnicas comunes para la extracción de aceites esenciales a partir de muestras vegetales. Un factor que influye en el rendimiento de la extracción de aceite esencial es el método utilizado. El objetivo fue comparar tres métodos para la extracción de aceite esencial de flores de caléndula, con base en el rendimiento de aceite, el tiempo de procesamiento, y el número de compuestos extraídos. Los rendimientos de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación, extracción con disolvente orgánico y enfleurage fueron 0.9 ± 0.1 , 6.7 ± 0.2 y 7.1 ± 0.15 g de aceite por 100 g de material floral seco, respectivamente. El método que proporciona el aceite de más alta calidad (sin pigmentos) fue la hidrodestilación, que también contuvo la mayor cantidad de compuestos no polares, aunque requiere mucho tiempo para procesar muchas muestras de forma simultánea. La extracción con disolventes orgánicos y enfleurage son más rápidos para su procesamiento, pero los aceites extraídos a través de ellos contienen pigmentos. La técnica más conveniente para procesar muchas muestras en un corto período de tiempo fue el enfleurage, porque proporcionó un rendimiento de aceite siete veces mayor que la hidrodestilación y un aceite con menos pigmentos que la extracción con disolvente orgánico. Además, el aceite obtenido por enfleurage contenía los dos compuestos principales en flores de caléndula, α -cadineno y δ -cadineno (Salomé, Soto, Cruz, & González, 2015).

El aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es valorado en el mercado internacional y ampliamente utilizado en las industrias de condimentos, cosméticos y medicinales. Entre todos los procesos que se pueden aplicar en la obtención del aceite, la extracción usando fluido supercrítico (EFS) puede ser un método selectivo y eficiente,

dependiendo de las condiciones operacionales, como la temperatura y la presión, que necesitan ser optimizadas. El objetivo fue comparar la eficiencia de la extracción supercrítica, utilizando la planificación experimental, en la extracción del aceite de albahaca con los métodos convencionales hidrodestilación y soxhlet. Para la realización de la parte experimental, se utilizó dióxido de carbono como disolvente para EFS y hexano, para aplicación en el soxhlet. Se realizó un delineamiento central compuesto rotacional (DCCR), aplicando tres presiones (100, 200 y 300 bar) y tres temperaturas (30, 40 y 50°C). A través de la hidrodestilación, se obtuvo el menor rendimiento (0,26%), usando el Soxhlet, el rendimiento fue del 2,39% siendo superior, comparado a la EFS, que fue del 0,43%. El DCCR mostró que, para optimizar el proceso, es necesario aumentar la presión y la temperatura para el logro de mayores rendimientos (Alves de Barros, von Randow de Assis, & Fernandes, 2014).

Las plantas de la familia Verbenaceae, entre ellas la especie *Lantana camara* L., poseen una alta diversidad botánica además de su variable uso. Se describe el avance morfoanatómico de tres etapas de desarrollo de las inflorescencias de *L. camara* L. (Verbenaceae), recolectadas en Bucaramanga, Colombia. Para esto se tincionaron las estructuras vegetales mediante la técnica *fast-green*, previo a los análisis con microscopía óptica convencional. El aislamiento de los analitos de cada estadio se realizó mediante la técnica de microextracción en fase sólida en el modo headspace (HS-SPME) y su posterior análisis de componentes, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Los metabolitos detectados en este estudio y que no fueron encontrados en la bibliografía revisada fueron, el α -gurjuneno, el γ -amorfenoleno, el α -muuroleno, el sesquitujeno, el α -*trans*-bergamoteno y el *trans*-cadin-1,4-dieno.

Los principales metabolitos secundarios detectados fueron: biciclosesquifelandreno, E- β -farneseno, E- β -cariofileno, γ -muuroleno+ γ -curcumeno y α -zingibereno. Una función importante

de éstas y otras esencias florales es la defensa y la protección durante el estrés abiótico de la planta (Caroprese, Parra, Arrieta, & Stashenko, 2011).

Se analizaron extractos de hojas de dos quimiotipos de *Lippia origanoides*, cultivados en el Complejo Agroindustrial de CENIVAM (UIS). Se utilizaron las técnicas de extracción: Hidrodestilación asistida por radiación de micro-ondas, extracción con solvente - destilación simultánea y extracción con fluido supercrítico. Los metabolitos secundarios fueron separados por cromatografía capilar con detección de masas. La identificación se llevó a cabo por comparación de espectros de masas con bases de datos, patrones e índices de Kovàts. Los compuestos mayoritarios en los extractos para el quimiotipo I fueron: p-cimeno (13%), y 1,8-cineol (9%). Para el quimiotipo II: timol (56%), y p-cimeno (10%) (Stashenko, Martinez, Tunarosa, & Ruiz, 2007).

El perfil químico volátil del aceite esencial de hojas de albahaca morada grande, variedad *Ocimum*, cultivada en la meseta de Ibagué-Colombia, obtenido por hidrodestilación, se determinó mediante cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS) encontrando un contenido en monoterpenos del 47.89% y en sesquiterpenos del 32.39%. Se determinó como quimiotipo al cinamato de metilo con una cantidad relativa del 73.4%, (trans-cinamato de metilo 60.4% y cis-cinamato de metilo 13.0%) y como subtipo el estragol (1-Metoxi-4-(2-propenil)-benceno) determinado en una proporción del 9,8%, el cual se relaciona como una molécula cancerígena (Rodriguez, Giraldo, & Murillo, 2011).

Se realizó un estudio comparativo de la capacidad antioxidante de extractos de *Baccharis incarum* obtenidos a través de diferentes técnicas de extracción a presión normal y a presiones críticas (Pc) comprendidas entre 85 a 95 atm. Se realizaron extracciones con soxhlet, maceración

con etanol 80% y con fluido supercrítico (EFS) utilizando CO₂ como solvente y etanol como cosolvente a diferentes concentraciones; el pentametoxiflavona, compuesto con capacidad antioxidante fue previamente aislado de *Baccharis incarum* y utilizado en este estudio como compuesto de referencia. La EFS permite obtener extractos con mayor contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales enriquecidos con la flavona antioxidante mayoritaria de partes aéreas de *B. incarum*. Los extractos obtenidos por soxhlet o maceración de *B. incarum* presentan otros compuestos que también contribuyen a la actividad antioxidante, lo que explicaría la mayor potencia depuradora de radicales libres de éstos respecto a los obtenidos por EFS (Herrera, Zampini, Almeida, Boguetti, & Isla, 2007).

Existen trabajos que buscan explorar los usos de los extractos de flores en otros campos de diferentes industrias, se encuentran propiedades en los extractos como conservantes y colorantes. Algunos de estos trabajos son:

La obtención y evaluación del extracto hidroalcohólico de la flor de caléndula (*Calendula officinalis* L) se empleó en la estabilización de la pulpa de arazá, como antioxidante y conservante natural. Este estudio surgió debido a que la flor de caléndula tiene importantes propiedades que pueden ser empleadas en la industria de alimentos. Entre los compuestos de la caléndula con mayor interés se encuentran los antioxidantes, compuestos que previenen el deterioro de los alimentos, adicionalmente se han encontrado sustancias con una alta actividad antibacteriana (Domínguez, 2012).

En Salvador existe el uso de colorantes naturales a partir de la especie vegetal *Hibiscus sabdariffa* (flor de Jamaica), dando una alternativa para disminuir el problema de la contaminación y utilizando recursos vegetales que están en la vida cotidiana, dicha investigación

se ha realizado en dos etapas, la primera consistió en la recopilación bibliográfica y la segunda en la parte experimental; donde se llevó a cabo la obtención del colorante utilizando pétalos ya secos (empacados) de *Hibiscus sabdariffa* (flor de Jamaica) los cuales fueron sometidos a un proceso de extracción básica (reflujo), por medio del cual se puede recolectar la mayor cantidad de extracto y a la vez se controla la temperatura, para no dañar la muestra, y se utiliza hidróxido de sodio al 0.5 N, como solvente para una extracción, al extracto concentrado se le realizó pruebas de identificación para metabolitos secundarios tales como flavonoides taninos y alcaloides presentes en la especie vegetal.

Para el proceso de tinción se sometieron las fibras de algodón, Nylon 6 y Lino a un baño empleando los mordientes: sulfato de hierro heptahidratado; sulfato de cobre pentahidratado y una mezcla con limón y ceniza, comprobándose el poder de adherencia de dichas fibras las cuales fueron sometidas a repetidas pruebas de lavado para poder finalizar la tinción con el extracto colorante obtenido.

Para finalizar se concluye que para la fijación del colorante obtenido de *Hibiscus sabdariffa* (Flor de Jamaica) los mordientes más adecuados son sulfato de hierro heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) los cuales son una gran alternativa eficaz en la Industria Textil. Se recomienda que se busquen otras alternativas de plantas y desechos vegetales para la obtención de colorantes y que estos se comercialicen tanto en la industria textil, cosmética, farmacéutica y alimenticia, y así disminuir el uso de colorantes sintéticos y por ende la contaminación del medio ambiente (Arévalo, 2012).

Otras investigaciones buscan atacar problemas específicos en el campo medicinal, encontrando nuevas soluciones y alternativas en la industria, mediante nuevos usos de los

extractos en diferentes especies de flores contribuyendo a la validación científica de las propiedades que se les atribuyen:

Barrera, y otros (2009) estudiaron los parámetros físicos de los extractos acuoso y alcohólico de la especie *Tagetes erecta Lin*; además, determinaron las principales familias de fitoquímicos presentes en los extractos que, permitirán el uso de esta planta con fines medicinales y en la agricultura.

Detectaron alcaloides en los extractos de la flor, las hojas, los azúcares reductores, importantes como metabolitos energéticos, aparecen en todas las partes de la planta excepto en las raíces, pero predominan en el extracto alcohólico de las flores y en el acuoso de las hojas. Las cumarinas las detectaron en las flores y en las hojas, junto a los fenoles son poderosos antioxidantes pues contribuyen al buen desarrollo de las actividades metabólicas de los vertebrados superiores. En particular, son importantes en la disminución del colesterol, la regeneración de las células hepáticas, el aumento de la protección contra las infecciones virales, microbianas, y la protección contra el cáncer, así como también en la detoxificación hepática y en el fortalecimiento del sistema cardiovascular. Potencian además, las funciones de las vitaminas y fortalecen el sistema inmunológico.

Los fenoles y taninos se evidenciaron en flores, hojas y el tallo; los flavonoides que predominan en esta planta, combaten las alergias, forman puentes con el colágeno de forma que aumentan la barrera protectora en el caso de los tumores. Abundan los aceites esenciales en las flores y en las hojas.

Se estudió el potencial anticancerígeno y antihipertensivo de diversos extractos obtenidos de las especies de muérdago *Psittacanthus calyculatus* y *Phoradendron tomentosum*, dos especies de plantas nativas que se emplean en la medicina tradicional y pueden ser una

importante fuente de compuestos bioactivos. Obtuvieron extractos acuosos de ambas especies y extractos orgánicos de polaridad creciente de flores y hojas de *P. calyculatus*. Los resultados muestran que las especies estudiadas de muérdagos americanos poseen compuestos citotóxicos sobre células de cáncer cervicouterino humano. El extracto acuoso de *P. tomentosum* y las fracciones orgánicas de hojas y flores de *P. calyculatus* presentaron efectos citotóxicos, los cuales dependieron de la concentración. Las fracciones orgánicas más potentes de *P. calyculatus*, fueron las de diclorometano (DCM) de flor y hoja, lo que denota la presencia de compuestos de mediana polaridad (Cervantes, 2006).

El potencial farmacológico de los extractos del cáliz de *Hibiscus sabdariffa* L. en alteraciones metabólicas como hipertensión, dislipidemia e hiperuricemia, ha sido demostrado in vitro, in vivo y en ensayos clínicos, observándose una estrecha relación con la estabilidad química, en la extracción y almacenaje de los compuestos bioactivos, así como en su comportamiento en los compartimientos biológicos. Los extractos de sus cálices se caracterizan por un bajo grado de toxicidad (Castañeda & Cáceres, 2014).

Algunas investigaciones se enfocan en la actividad antioxidante y antimicrobiana que pueden tener los extractos de algunas flores; Los productos de origen vegetal han sido, en las últimas décadas, mayormente estudiados en su parte química, con énfasis en los metabolitos secundarios, los cuales están implicados en el control biológico contra patógenos o plagas y en ciertos casos, activando procesos de defensa en la planta, brindando una protección preventiva (Kagale, Marimuthu, Thayumanavan, Nandakuman, & Samiyappan, 2004).

El uso de plantas consideradas malezas, las cuales compiten con los cultivos por el espacio, los nutrientes y la luz solar, resulta una fuente económica e interesante para la obtención de extractos vegetales con actividad antimicrobiana. Esta alternativa contribuye además a la

explotación y disminución de estas especies que, de lo contrario, deben ser eliminadas de los campos sin ningún provecho para la economía. No solo extractos de algunas malezas han recibido la atención de los investigadores sino los provenientes de algunas plantas medicinales poco de los que se han encontrado aplicaciones importantes (Rodriguez, Morales , & Ramirez , 2000).

Se determinó la actividad antimicrobiana en extractos acuosos e hidroalcohólicos de *Passiflora ligularis*. Se utilizó el método de extracción por reflujo, empleando como solventes agua y etanol. Como material vegetal fueron utilizadas flores y hojas. Los resultados mostraron que tanto los extractos acuosos como los hidroalcoholicos presentan compuestos fenólicos. También se determinaron los contenidos máximos de flavonoides totales en extractos hidroalcohólicos. El ensayo de actividad antimicrobial mostró que los extractos de *P. ligularistienen* tienen la capacidad de reducir el crecimiento tanto de *E. coli* como de *S. aureus*, encontrando principalmente que los extractos acuosos poseen mayor poder de inhibición microbial que los hidroalcohólicos.

Los resultados mostraron que los extractos de *P. ligularis* tienen actividad antioxidante captadora del radical libre (DPPH) y poder reductor férrico (FRaP), lo que indica que en las hojas existen más compuestos antioxidantes que en las flores. También se observó que la actividad antioxidante en los extractos hidroalcohólicos fue superior a la observada en los acuosos, por el contrario, estos últimos mostraron mayor capacidad antimicrobiana ya que inhiben las bacterias *E. Coli* y *S. aureus* quien fue la bacteria más resistente ante el efecto inhibitorio del extracto, no obstante con las flores se logró una mayor reducción de esta cepa, en comparación con las hojas (Cabrera, Sandoval, & Forero, 2014). Buscar citas en ingles sobre extracción de compuestos de flores, profundizar y quitar citas de semillas.

Este trabajo destaca la actividad antioxidante de *Acacia podalyriifolia*, el interés en el potencial antioxidante se vio reforzado por la presencia de sustancias fenólicas en las flores y por no haber relato en la literatura de estos estudios para esta especie. El material vegetal (flores) fue seco a la sombra, sometido a extracción con etanol, seguido de partición con hexano, diclorometano y acetato de etila, obteniéndose el extracto etanólico bruto (EEB), las fracciones diclorometano (FDCM) y acetato de etila (FAE). Las alícuotas de EEB, FDCM y FAE se llevaron a secar, en un evaporador rotatorio bajo presión reducida y luego se disuelven en etanol, para su utilización en determinación del contenido de compuestos fenólicos y de los pruebas de actividad antioxidante. La clasificación en el extracto etanólico bruto y en sus fracciones, demostró la presencia de compuestos fenólicos y flavinoides, verificando ser la fracción acetato de etilo (FAE) a la que presentó la mayor concentración demostró la actividad más antioxidante (Andrade, y otros, 2007).

4. Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Fluidos Supercríticos e ingredientes naturales de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial y en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, sede Torobajo, Pasto, Nariño, localizada a 2527 msnm, con una temperatura promedio de 14°C y una humedad relativa de 70%.

4.1 Obtención y adecuación de la materia prima

Para la obtención de los extractos de la flor de la papa (*Solanum tuberosum*), se utilizaron flores seleccionadas y en buen estado de cultivos de papas obtenidas en el municipio de Cumbal – resguardo indígena de Panan, ésta se recolectó aleatoriamente del cultivo y se realizó un corte manual de la flor en la planta, posteriormente se realizó un lavado con agua y se procedió a un secado inicial a temperatura ambiente durante 24 horas. Se determinó el contenido de humedad en las flores mediante la (ecuación 1), se trasladó la materia prima a la ciudad de San Juan de Pasto donde se realizó el secado de la flor por un periodo de 6 días a temperatura ambiente (figura 4) y se calculó nuevamente la humedad.

Se determinó la humedad mediante la diferencia de peso como se indica en la ecuación 1.

$$Humedad = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad (\text{Ecuación 1.})$$



Figura 4: Secado de la flor de papa

Fuente: Esta investigación

4.1.1 Molienda, empaçado y almacenamiento de materia prima.

Luego de haber realizado el secado se procedió a homogenizar la muestra mediante una molienda para lo cual se utilizó un molino marca IKA A11 (Alemania) a escala de laboratorio (figura 5) perteneciente al grupo de investigación Tecnologías emergentes en Agroindustria (TEA), con la finalidad de tener una mejor área de contacto al momento de extraer el compuesto de interés (extractos naturales) mediante diferentes técnicas. La materia prima seca y molida se empacó en bolsas de polietileno de baja densidad con selle hermético y se almacenó a temperatura ambiente (figura 6).



Figura 5: Molino IKA A11 Basic

Fuente: Esta investigación

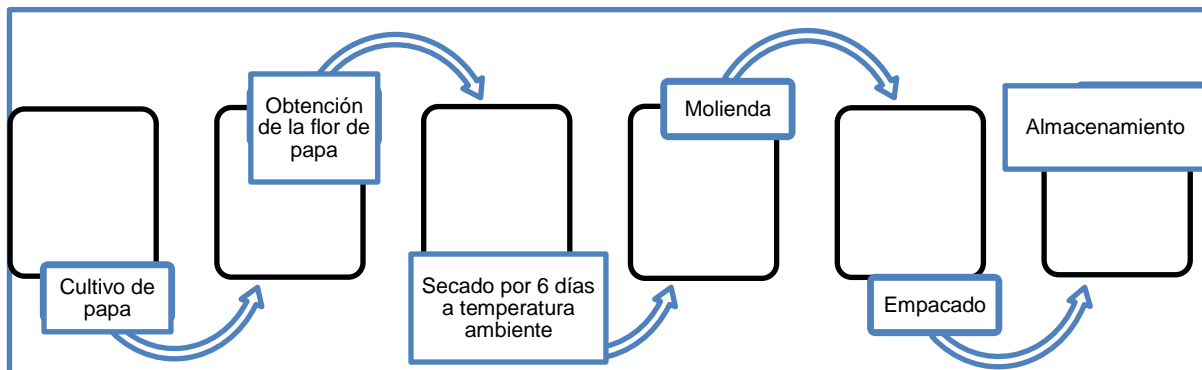


Figura 6: Flujograma y procedimiento de la flor de la papa

Fuente: Esta investigación

4.2 Extracción de compuestos de la flor de papa.

Los extractos fueron obtenidos de las flores acondicionadas anteriormente, utilizando tres técnicas de extracción diferentes: Fluidos supercríticos, hidrodestilación y soxhlet.

4.2.1 Extracción con fluidos supercríticos

La extracción de compuestos bioactivos de la flor se realizó utilizando la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, empleando un equipo de fluidos supercríticos modelo SFE-500 de Waters (USA) (figura 7), perteneciente al grupo de investigación TEA, se encuentra en el laboratorio de fluidos supercríticos e ingredientes naturales de la Universidad de Nariño; las condiciones de extracción fueron de 200 y 400 bar a una de temperatura de 40°C en cada ensayo, los cuales se realizaron por triplicado. El CO₂ (pureza 99,8%) usado como disolvente para la extracción, fue suministrado por Cryogas S.A. (Pasto, Colombia).

Antes del proceso se realizó una purga del equipo con la finalidad de eliminar cualquier contaminante que afecte la muestra, para esto se hizo correr CO₂ a una temperatura de 50 °C, presión de 100 bar, flujo de CO₂ de 30 g/min y un tiempo de 15 min. Se colocaron 182 gramos de muestra en la columna de extracción, se hizo pasar el CO₂ a través de un serpentín sumergido en líquido refrigerante (etilenglicol) mantenido a una temperatura de 4°C con el objetivo de evitar su gasificación y mantenerlo líquido. El CO₂ se bombeó con una bomba P-50 (waters) hasta alcanzar la presión deseada (200 o 400 bar). La temperatura dentro del recipiente se elevó y se mantuvo a 40 °C. Una vez alcanzadas las condiciones de operación (presión y temperatura) en la columna de extracción, se inició el proceso ajustando el flujo de CO₂ a 30 g/min por un tiempo de 120 minutos. El CO₂ pasa por la columna y extrae los compuestos presentes en las flores según su polaridad y afinidad. Finalmente se despresurizó el equipo, el CO₂ en estado gaseoso circuló hasta el escape y el extracto se recogió en un vial ámbar, El extracto se almacenó en refrigeración a -21°C hasta su posterior análisis cromatográfico, el cual se realizó en los laboratorios especializados de la universidad de Nariño.

El rendimiento del proceso de extracción se realizó mediante la ecuación 3, para la desviación estándar se utilizó la ecuación 4 y para el coeficiente de variación la ecuación 5.

cantidad de aceite = peso final – peso inicial (Ecuación 2)

Rendimiento = $\frac{\text{cantidad de aceite}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$ (Ecuación 3)

$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{N-1}}$ (Ecuación 4)

x= Un valor del conjunto de datos del rendimiento.

X= Promedio del conjunto de datos.

N= Número de datos

$CV = \frac{\text{desviacion estandar}}{\text{promedio de rendimiento}} \times 100$ (Ecuación 5)



Figura 7: Equipo de extracción con fluidos supercríticos.

Fuente: esta investigación.

4.2.2 Extracción con hidrodestilación.

Para la extracción de compuestos bioactivos de flor de papa se empleó el equipo de hidrodestilación escala de laboratorio (figura 8) perteneciente al grupo de investigación TEA ubicado en el laboratorio de fluidos supercríticos e ingredientes naturales de la Universidad de Nariño. El equipo consta de un balón de 2000 mL, una columna por donde se arrastra el vapor que se genera en el balón y un condensador de espiral.

Se utilizó una relación de 1:15 es decir, una muestra de 35 gramos en 525 mL de agua destilada depositados en un balón aforado de 2000 mL. El extracto obtenido fue de color blanco niebla al cual se le agregó 3 mL de diclorometano para una extracción líquido – líquido; la recolección se realizó en viales y se mantuvo en refrigeración para su posterior análisis en Laboratorios Especializados.

Esta prueba se realizó por triplicado para tener mejor confiabilidad en el análisis estadístico en cuanto a rendimiento y cantidad de aceite obtenido, sin embargo no se calculó el rendimiento del aceite extraído ya que no se logró obtener el peso final de la muestra debido a la pérdida de agua en el transcurso del proceso.



Figura 8: Equipo de hidrodestilación.

Fuente. Esta investigación.

4.2.3 Extracción con soxhlet

Para la extracción de compuestos bioactivos de la flor de la papa se empleó un equipo de extracción soxhlet escala laboratorio (figura 9), se encuentra en el grupo de investigación TEA en el laboratorio de fluidos supercríticos e ingredientes naturales de la Universidad de Nariño. Se utilizaron como solventes etanol y hexano además de 6 gramos de muestra; el proceso se mantuvo por un periodo de recirculación de 8 horas, la temperatura de ebullición para etanol fue de 78°C y hexano de 69°C, se eliminó el solvente del extracto mediante rota evaporación, una vez se terminó el proceso la muestra se recolectó en viales ámbar para su almacenamiento y refrigeración (figura 10) para su posterior análisis cromatográfico, cada ensayo se realizó por triplicado con cada solvente.

La cantidad de aceite se lo obtuvo mediante la diferencia de pesos como se muestra en la ecuación 2.



Figura 9: Equipo de extracción Soxhlet.

Fuente. Esta investigación.



Figura 10: Muestras de flor de papa de fluidos supercríticos y soxhlet

Fuente. Esta investigación

4.3 Análisis de los extractos por cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MS)

Para estos análisis (GC-MS), se utilizó un sistema GC Shimadzu -QP2010S, la columna usada en el sistema fue una columna capilar apolar de sílice fundida DB-5MS (*J & W Scientific, Folsom, CA, EE.UU*) de 30 m x 0.25 mm, cubierta de 0.25 μm , df con fase estacionaria de 5% fenil – poli metil siloxano (figura 11).

Las condiciones de operación fueron: Línea de transferencia a 300°C; programa de temperatura del horno, 40°C (durante 5 minutos) a 280°C (15 minutos) con una rampa de 10°C min^{-1} . Helio fue usado como gas portador a un flujo de 1.0 mL/min (figura 12). Para la identificación de componentes en los extractos se emplearon los espectros de masas obtenidos y comparados con las bases de datos de espectros de masas Wiley y NIST.



Figura 11: Equipo de GC-MS QP2010S del laboratorio de cromatografía de la Universidad de Nariño.

Fuente. Esta investigación.

4.4 Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño de experimentos y análisis estadístico que se utilizó para esta investigación se basó en la evaluación de un diseño de experimentos completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y cada tratamiento se lo realizó por triplicado:

Tratamiento 1: Extracción por fluidos supercríticos a una temperatura de 40 °C y una presión de 200 bar por un tiempo de extracción de 4 horas y flujo de CO₂ de 30 g /min.

Tratamiento 2: Extracción por fluidos supercríticos a una temperatura de 40 °C y una presión de 400 bar por un tiempo de extracción de 4 horas y flujo de CO₂ de 30 g /min.

Tratamiento 3: Extracción por hidrodestilación con 30 gramos de muestra y 500 mL de agua destilada a presión atmosférica, durante 4 horas.

Tratamiento 4: Extracción soxhlet con etanol y 5 gramos de muestra por un tiempo de extracción de 8 horas.

Tratamiento 5: Extracción soxhlet con hexano y 5 gramos de muestra por un tiempo de extracción de 8 horas.

En la tabla 1 se muestra la matriz de experimentos.

Tabla 1: Matriz de experimentos

Número de réplicas por tratamiento	1	2	3
Tratamientos			
T1: FSC a 200 bar y a 40°C	Y _{1.1}	Y _{1.2}	Y _{1.3}
T2: FSC a 400 bar y a 40°C	Y _{2.1}	Y _{2.2}	Y _{2.3}
T3: Hidrodestilación a presión atmosférica	Y _{3.1}	Y _{3.2}	Y _{3.3}
T4: Extracción soxhlet con etanol	Y _{4.1}	Y _{4.2}	Y _{4.3}
T5: Extracción soxhlet con hexano	Y _{5.1}	Y _{5.2}	Y _{5.3}

Fuente. Esta investigación.

Y: Variables de respuestas estudiadas (Y_{i,j})

- Rendimiento
- Composición

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI, para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un nivel de significancia del 5% (P<0.05).

4.5 Determinación de la potencialidad del extracto de flor de papa.

Una vez identificados los componentes del extracto se estudió y analizó su posible aplicación en la industria a partir de información secundaria, la cual fue extraída de bases de datos científicas como Scielo, Redalyc, Dialnet, Science Direct, Doaj, Scopus, entre otras.

5. Resultados y discusión

5.1 Humedad de la materia prima.

Peso de la flor fresca = 8 kg

Después del periodo de 6 días de secado se obtuvo:

Peso de la flor seca= 1.6 kg

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{8 \text{ kg} - 1.6 \text{ kg}}{8 \text{ kg}} * 100 = 80\%$$

Se tomaron varias muestras con el mismo peso de flores secas (peso inicial) y se pesó una de las muestras cada 10 minutos hasta tener un peso constante (peso final).

Peso inicial de la muestra = 6 g.

Peso final de la muestra= 5.1546 g

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{6 \text{ g} - 5.1546 \text{ g}}{6 \text{ g}} * 100 = 14\%$$

La flor de la papa presentó un contenido de humedad inicial de 80%, transcurrido el periodo de 6 días de secado se determinó que el contenido de humedad fue del 14% con la cual se trabajaron los diferentes procesos de extracción.

5.2 Análisis de rendimientos en extracciones.

En el método de hidrodestilación no se logró determinar el porcentaje de rendimiento debido a la baja extracción; el peso final del recipiente recolector no se calculó con exactitud con el contenido de muestra extraída, por lo que se realizó una mezcla de los extractos obtenidos con tres (3) mL de diclorometano como agente extractor, realizando una separación líquido – líquido, de esta manera se realizó la selección de los compuestos de interés por medio de separación de fases para luego realizar su respectivo análisis.

Se evaluaron los rendimientos en los siguientes procesos de extracción: Fluidos supercríticos y soxhlet.

5.2.1 Extracción por fluidos supercríticos y soxhlet.

En la tabla 2 se indican los resultados de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, el rendimiento promedio de los tratamientos fue de 0.324 ± 0.016 , 0.409 ± 0.049 , 0.713 ± 0.090 , 0.565 ± 0.070 % respectivamente, resultados que indican que el tratamiento que tuvo mayor porcentaje de rendimiento fue T3 el cual corresponde a soxhlet con etanol, los tratamientos presentan dispersión entre los datos ya que la variación fue $\leq 12\%$ excepto el T1 que presentó una variación de 4,8%.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Alves de Barros, Randow de Assis, & Fernandes (2014) quienes estudiaron la eficiencia de la extracción de fluidos supercríticos frente a los métodos convencionales hidrodestilación y soxhlet en el aceite esencial de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*); con soxhlet, el rendimiento fue del 2,39% siendo el mayor, mientras que en fluidos supercríticos fue del 0,43%.

Tabla 2: Resultados del % de rendimiento de los compuestos extraídos según el diseño experimental para la extracción por fluidos supercríticos y extracción soxhlet de la flor de papa.

Número de réplicas por tratamiento Tratamientos	% rendimiento (p/p)			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
	1	2	3			
T1: FSC a 200 bar y a 40°C	0,333	0,306	0,333	0,324	0,016	4,811
T2: FSC a 400 bar y a 40°C	0,456	0,415	0,357	0,409	0,049	12,15
T3: Extracción soxhlet con etanol	0,664	0,657	0,817	0,713	0,090	12,68
T4: Extracción soxhlet con hexano	0,609	0,602	0,484	0,565	0,070	12,43

Fuente. Esta investigación.

5.2.2 Comparación de rendimiento entre tratamientos.

La tabla 3 nos indica el análisis de varianza para rendimiento en función de los tratamientos, el valor-P: 0,0003, nos muestra que existió diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$), entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0), por lo cual se realizó el método de comparación múltiple o prueba de múltiples rangos de Tukey HSD como se muestra en la tabla 4.

Tabla 3: Análisis de varianza para % en rendimiento (ANOVA)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos (tratamientos)	0,265855	3	0,0886183	22,40	0,0003
Intra grupos (error)	0,0316533	8	0,00395667		
Total (corr.)	0,297508	11			

Fuente. Esta investigación.

En la tabla 4 se indican las comparaciones posibles entre los tratamientos, para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa se utilizó el método de Tukey HSD el cual mantuvo un límite de 0,164412; el par de tratamientos que tuvieron una diferencia mayor al límite presentaron diferencias significativas con un nivel del 95,0% de confianza, esto se presentó en: T1-T3, T1-T4 y T2-T3 con valores de 0.388667, 0.241 y 0.3033 respectivamente.

Tabla 4: Comparaciones posibles entre tratamientos en múltiples rangos para rendimiento (Tukey HSD)

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T1: FSC a 200 bar - T2: FSC a 400 bar		-0,0853333	0,164412
T1: FSC a 200 bar - T3: Soxhlet etanol	*	-0,388667	0,164412
T1: FSC a 200 bar - T4: Soxhlet hexane	*	-0,241	0,164412
T2: FSC a 400 bar - T3: Soxhlet etanol	*	-0,303333	0,164412
T2: FSC a 400 bar - T4: Soxhlet hexane		-0,155667	0,164412
T3: Soxhlet etanol - T4: Soxhlet hexane		0,147667	0,164412

* Indica una diferencia estadísticamente significativa.

Fuente. Esta investigación.

En la figura 12 se identificaron 3 grupos homogéneos según la alineación de las medias y solapamiento en cada par de tratamientos: T1-T2, T2-T4 y T3-T4; se estimó que no hubo diferencia significativa entre cada par de métodos de extracción; con el método de Tukey HSD

hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

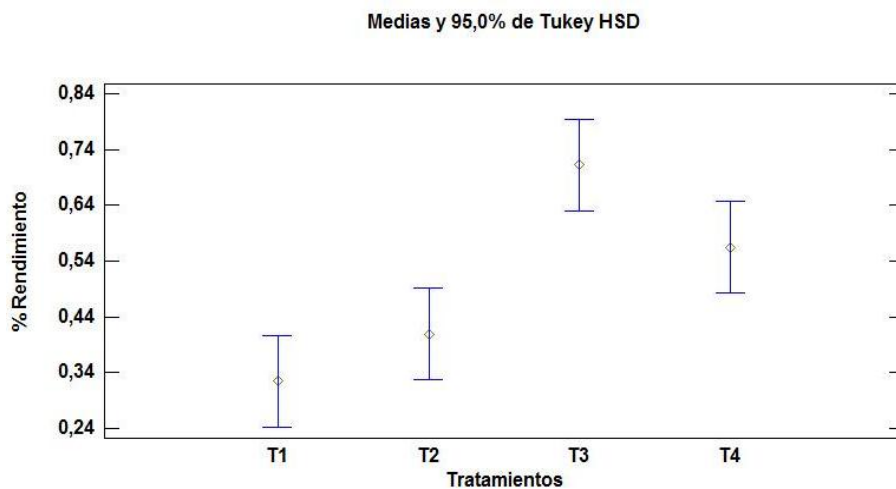


Figura 12: Prueba de rangos múltiples de Tukey HSD para % de rendimiento con cada tratamiento

Dónde:

T1: Fluidos supercríticos a 200 bar y 40°C

T2: Fluidos supercríticos a 400 bar y 40°C

T3: Soxhlet con etanol

T4: Soxhlet con hexano

5.3 Análisis de la composición de los extractos por GC-MS.

La identificación de los compuestos volátiles obtenidos de la flor de la papa se realizó por GC-MS en las condiciones que se mencionó anteriormente en la metodología (4.3).

En el análisis composicional de los extractos de la flor de papa, para la identificación de compuestos se utilizó los espectros de masas obtenidos y comparados con las bases de datos de espectros de masas Wiley y NIST.

Mediante la técnica GC-MS, se encontraron más de 100 compuestos en los diferentes métodos de extracción, en su mayoría ceras, ácidos grasos, esterés, terpenoides y algunos alcoholes, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Compuestos identificados en la flor de la papa, clasificados por familias en cada tratamiento.

	FSC-200 bar	FSC-400 bar	Hidrodestilación	Soxhlet etanol	Soxhlet hexano
Ceras	2-metiloctacosano Hexatriacontano 11-Butil-docosano Heptacosano Nonacosano Tricosano 11-Decil-Tetracosano Tetratetracontano Pentatriacontano 9-Octil-hexacosano Heneicosano.	Hexatriacontano 11-Butil-docosano Heptacosano Nonadecano Tricosano 11-Decil-Tetracosano 3-Metilheneicosano Triacontano Tetracontano Pentatriacontano Pentacosano.	9 Metil -1- deceno 2-Metiloctacosano Hexatriacontano Dotriacontano 2,6,10- Trimetil-(Z)- 1,5,9- undecatrieno.	11-Butil-docosano Heptacosano 11-Decil-tetracosano Docosano 3-metilheneicosano.	Hexatriacontano 11-Butil-docosano Heptacosano 9-Butil-Docosano Tricosano Tetracosano 11-Decil-tetracosano Tetratetracontano Hentriacontano
Terpenos	Farnesol Escualeno.	Farnesol Escualeno	Cis – farnesol Farnesol α -Terpinoleno Neril acetona Trans- β -Ionona Nerolidol Oxido de cariofileno Ledol (e) – Geranilacetona.		Fitano
Ácidos grasos	Ácido palmítico Acido oleico Acido miristico Acido linoleico Acido laurico Acido pentadecanoico	Ácido palmítico Acido oleico Acido miristico Acido linoleico Acido laurico Acido pentadecanoico	Acido palmítico Acido oleico Acido octadecanoico Acido miristico	Ácido palmítico Acido miristico	Ácido palmítico Acido oleico Ácido linoleico Acido 9-octadecenoico Acido dodecanoico Acido linoléico

	FSC-200 bar	FSC-400 bar	Hidrodestilación	Soxhlet etanol	Soxhlet hexano
	Acido decanoico Acido esteárico Acido linolenico	Acido octanoico Acido decanoico Acido esteárico.			Acido 9-octadecanoico.
Ácidos orgánicos		Ácido benzoico.		Ácido 4-hidroxibenzoico.	
Alcoholes	Fitol 9-Pentadecadien-1-ol.	Fitol.	2-Clorociclohexanol Fenetil alcohol 1-Nonanol.	Fitol	Cis-9-tetradecen-1-ol Fitol 1-Metilciclopentanol.
Cetonas			N-butilciclopentanona		2-Hexonona 4-Metil-4-penten-2-ona.
Esteres	Linoleato de metilo 11,14,17- Eicosatrienoato de metilo.	Linoleato de metilo 11,14,17- Eicosatrienoato de metilo Oleato de metilo.	Palmitato de metilo Laurato de isopentilo.	Palmitato de etilo, Linolenato de etilo, Miristato de etilo.	Palmitato de metilo Linoleato de metilo.
Hidrocarburos	7-Hexil-eicosano 3-Metil-heptadecano Hexacosano Octacosano 3-Metil-eicosano 3-Metil-hexadecano 9-Hexil-docosano Nonacotano.	1,9- Ciclohexadecadieno 3,8-Dimetil-undecano 9-Eicosino 7-Hexil-eicosano Octacosano Hexacosano 3-Metil-eicosano.		Hexacosano Octacosano 2-Octilciclopropen-1-Heptano.	Tolueno 7-Hexil-eicosano 3-Metil-heptadecano Hexacosano Octacosano 2-Octilciclopropen-1-heptano.
Pirazol			Hexahidropirrolizina-3 tiona		
Amidas	N-(3-metilbutil) acetamida.				N-(3-metilbutil) acetamida.

Fuente: Esta investigación.

Para tener una mejor apreciación de la composición los compuestos aislados de la flor de papa se agruparon en 10 clases, que aparecen en la tabla 5. Ceras fue la clase de familias más abundante, ácidos grasos fue la segunda clase más abundante cuya composición está dominada por el ácido palmítico, el cual se encontró en las todas los tipos de extracciones utilizados. La diferencia en la composición de los extractos se debe a la diferencia en el método utilizado y la polaridad del solvente, por ejemplo:

En FSC a 200 y 400 bar se utilizó como solvente CO_2 el cual tiene una característica apolar, lo que le permite disolver sustancias apolares, es por esa razón que la mayor parte de compuestos fueron ceras, ácidos grasos e hidrocarburos que son sustancias no polares, por lo tanto son solubles en CO_2 . Se apreció la extracción de los alcoholes fitol y 9-pentadecadien-1-ol, que están compuestos por cadenas largas, lo que les permite que su solubilidad aumente en disolventes poco polares.

El CO_2 debido a su apolaridad, limita su poder solvente en sustancias polares como los terpenos, sin embargo hubo una excepción en farnesol y escualeno que son terpenos de bajo peso molecular por lo cual presentan una polaridad baja; entre los compuestos que no fueron extraídos por esta técnica están las cetonas, amidas y pirazoles debido a que se pueden atraer entre interacciones polar-polar de sus grupos carbonilo.

En FSC a 200 bar se extrajo un ácido orgánico, el ácido benzoico que tiene un anillo bencénico grande y no polar que conforma la mayor parte de su cuerpo, por lo cual se pudo disolver en una sustancia apolar.

En hidrodestilación se extrajo sustancias en su mayoría polares debido a la alta polaridad que tiene el H_2O , las sustancias más abundantes fueron los terpenos debido a su alto grado de polaridad, al igual que las cetonas, esterés y alcoholes de cadenas cortas que son solubles en

agua, además fue el único tratamiento que extrajo un pirazol. Se observan también separados algunos ácidos grasos de cadena corta los cuales son más solubles en agua que los ácidos grasos de cadena larga porque la región hidrófoba es más corta.

En la extracción soxhlet con etanol, el disolvente es medianamente polar por lo cual se extrajo esterres y alcoholes que son sustancias polares como ya se mencionó anteriormente; uno de los pocos ácidos orgánicos separados fue el ácido 4-hidroxibenzoico, el cual representa el grupo carboxilo que presenta polaridad del C1 al C4. También se observó ácidos grasos de cadenas cortas y posiblemente algunos hidrocarburos modificados entre los compuestos separados.

En la extracción soxhlet con hexano, el disolvente es apolar por lo cual se obtuvo en mayor abundancia ceras, ácidos grasos e hidrocarburos debido a su capacidad apolar al igual que el solvente.

En las diferentes técnicas de extracción se observó que a pesar de la alta o baja polaridad de los solventes utilizados, se separaron compuestos con diferente polaridad, posiblemente debido a que los compuestos pueden ser susceptibles a cambiar algunas propiedades como la polaridad al variar la densidad, es decir, al variar la presión y la temperatura, lo que pudo ocasionar rompimiento de la pared celular y haber favorecido a la extracción de ciertos compuestos que inclusive pueden encontrarse en pequeñas cantidades; en hidrodestilación por ejemplo al aumentar la presión pudo haber existido rompimiento en las células vegetales, lo que permitió generar entre los compuestos apolares una separación del hidrolato, es por esa razón que en muchos casos se utiliza esta técnica para extraer aceites esenciales en diferentes condiciones.

En la tabla 6 se muestra la identificación de los compuestos que presentaron un porcentaje de área $\geq 0.1\%$. En todos los tratamientos de extracción realizados el único compuesto en común fue el ácido palmítico y el 10% de los compuestos se presentaron en cuatro métodos de extracción.

Los compuestos considerados mayoritarios en función del % de área fueron:

FSC a 200 bar: Nonacosano, 2- metiloctacosano, ácido palmítico.

FSC a 400 bar: Nonadecano, ácido palmítico, ácido linoleico.

Hidrodestilación: 2- Metiloctacosano, hexatriacontano, farnesol.

Soxhlet con etanol: Octacosano, 11-butyl-Docosano, ácido palmítico.

Soxhlet con hexano: Heptacosano, ácido palmítico, 11-decil-tetracosano.

Tabla 6: Composición de la flor de papa (% de área relativa) de los compuestos extractados a partir de diferentes técnicas de extracción: Fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción soxhlet.

% Relativo de área Y IRL por tratamiento										
COMPUESTOS	FSC 200		FSC 400		HD		SOXHLET ETANOL		SOXHLET HEXANO	
	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL
9-Metil-1-Deceno	-		-		19,19	1200	-		-	
cis- Farnesol	-		-		9,23	1800	-		-	
Ácido Palmítico	12,98	1901	19,48	1901	1,78	1901	13,11	1901	17,94	1901
2-Metiloctacosano	18,54	-	-		56,77	2400	-		-	
Hexatriacontano	4,33	2601	0,58	2301	27,66	2501	-		0,79	2201
11-Butil-Docosano	4,77	2400	9,50	2401	-		16,73	2401	0,63	2301
Heptacosano	1,43	2701	5,65	201	-		1,58	2601	39,31	2300
Nonadecano	-		26,88	2601	-		-		-	
Farnesol	0,10	1700	0,12	1700	21,99	1800	-		-	
Nonacosano	21,59	-	-		-		-		-	
2-Clorociclohexanol	-		-		14,95	1000	-		-	
α -Terpinoleno	-		-		6,41	1100	-		-	

% Relativo de área Y IRL por tratamiento										
COMPUESTOS	FSC 200		FSC 400		HD		SOXHLET ETANOL		SOXHLET HEXANO	
	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL
Fenetil Alcohol	-		-		12,70	1100	-		-	
1-Nonanol	-		-		11,42	1200	-		-	
Hexahidropirrolizina-3-tiona	-		-		4,46	1201	-		-	
neril acetona	-		-		4,05	1401	-		-	
trans-β-Lonona	-		-		1,92	1400	-		-	
No Identificado	-		-		7,52	1500	-		-	
N-Butilciclopentanona	-		-		3,17	1500	-		-	
Nerolidol	-		-		3,43	1501	-		-	
Oxido de Cariofileno	-		-		2,60	1700	-		-	
Ledol	-		-		15,00	1700	-		-	
Ácido Oleico	0,84	2001	0,67	2000	5,74	1801	-		1,80	1701
Palmitato de Metilo	-		-		1,69	1900	-		0,58	1900
Ácido Octadecanoico	-		-		4,19	1901	-		-	
1,9-Ciclohexadecadieno	-		-		4,44	2101	-		-	
3,8-Dimetil-Undecano	-		-		3,71	2301	-		-	
Dotriacontano	-		-		3,40	2401	-		-	
(E) – Geranilacetona	-		-		7,71	1078	-		-	
No Identificado	-		-		15,00	1700	-		-	
2,6,10- Trimetil-(Z)-1,5,9- Undecatrieno	-		-		3,88	1700	-		-	
Ácido Mirístico	1,83	1701	2,50	1701	0,79	1701	1,56	1701	-	
Laurato de isopentilo	-		-		1,22	2001	-		-	
No Identificado	-		-		2,22	2200	-		-	
9-Eicosino	-		-		9,56	2401	-		-	
Tolueno	-		-		-		-		0,61	-
Linoleato de Metilo	0,42	2001	0,48	2001	-		-		0,64	2100
Linolenato de Metilo	0,34	2100	4,87	2101	-		4,92	2101	0,55	2199
Ácido Linoleico	0,78	2100	17,17	2101	-		-	-	6,91	2200
Ácido 9-Octadecenoico	-		-		-		-		3,79	2199
7-Hexil-Eicosano	1,94	2201	1,94	2201	-		-		1,32	2201
9-Butil-Docosano	-		-		-		-		14,17	2401
3-Metil-Heptadecano	1,26	-	-		-		-		2,06	2501
Hexacosano	1,61	2401	4,49	2401	-		1,62	2401	7,11	2601
Ácido Dodecanoico	-		-		-		-		0,47	1501
(-)-Loliolida	0,15	1800	-		-		-		0,36	1800
No Identificado	0,26	1900	-		-		-		-	-
Ácido Linolénico	-		-		-		-		9,34	2101

% Relativo de área Y IRL por tratamiento										
COMPUESTOS	FSC 200		FSC 400		HD		SOXHLET ETANOL		SOXHLET HEXANO	
	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL
cis-9-Tetradecen-1-Ol	-		-		-		-		1,81	2101
Tricosano	0,62	2201	0,75	2201	-		-		2,97	2400
Fitano	-		-		-		-		0,78	2501
Tetracosano	-		-		-		-		0,66	2501
11-Decil-Tetracosano	1,17	2301	13,22	2601	-		1,04	2501	16,24	2601
Fitol	0,34	2100	0,34	2100	-		1,28	2100	0,53	2100
1-Metilciclopentanol	-		-		-		-		0,41	-
Octacosano	11,29	2601	3,24	2500	-		20,02	2300	3,58	2401
2-Hexonona	-		-		-		-		0,28	-
4-Metil-4-Penten-2-Ona	-		-		-		-		0,42	901
N-(3-Metilbutil) Acetamida	0,10	1100	-		-		-		0,37	1100
Ácido 9-Octadecanoico	-		-		-		-		2,19	1701
Tetratetracontano	1,56	2600	-		-		-		1,24	1900
2-Octilciclopropen-1-Heptano	-		-		-		1,19	1901	2,38	2101
Hentriacontano	-		-		-		-		7,82	2600
Ácido 9-decanoico	-		-		-		-		2,17	1901
Dihidrocoumarona	-		-		-		0,71	1201	-	
2-Etoxicarbonil-5-Oxopirrolidina	-		-		-		1,79	1401	-	
Ácido 4-Hidroxibenzoico	-		-		-		2,59	1600	-	
Ácido Quínico	-		-		-		5,02	1601	-	
Palmitato de Etilo	-		-		-		6,26	1901	-	
Linolenato de Etilo	-		-		-		11,26	2101	-	
Docosano	-		-		-		3,76	2601	-	
2,3-Dihidro-3,5-Dihidroxi-6-Metil-4H-Piran-4-Ona	-		-		-		2,98	1101	-	
D-Allaso	-		-		-		1,59	1500	-	
Miristato de Etilo	-		-		-		0,75	1701	-	
3-Metilheneicosano	-		6,92	2701	-		9,79	1900	-	
Linoleato de Etilo	-		-		-		1,87	2101	-	
Ácido Laurico	0,34	1501	0,54	1501	-		-		-	
Ácido Pentadecanoico	0,17	1801	0,25	1801	-		-		-	
Triacotano	-		0,74	2301	-		-		-	
3-Metil-Eicosano	3,42	2501	2,52	2501	-		-		-	
3-Oxo- α -lonol	0,12	1700	0,10	1601	-		-		-	

% Relativo de área Y IRL por tratamiento										
COMPUESTOS	FSC 200		FSC 400		HD		SOXHLET ETANOL		SOXHLET HEXANO	
	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL	%Area	IRL
11,14,17-Eicosatrienoato de Metilo	1,03	2101	0,48	2100	-		-		-	
Tetracontano	-		0,31	2301	-		-		-	
Ácido Octanoico	0,10	1101	0,14	1101	-		-		-	
Ácido Fenilacetico	-		0,16	1201	-		-		-	
Ácido Decanoico	1,60	1301	3,94	1301	-		-		-	
Ácido Estearico	1,60	2101	3,94	2101	-		-		-	
Oleato de Metilo	-		5,63	2101	-		-		-	
Pentatriacontano	1,49	-	2,49	2600	-		-		-	
Escualeno	5,01	-	5,17	2200	-		-		-	
Ácido Benzoico	0,10	1201	-		-		-		-	
9-Octil-Hexacosano	8,20	2701	-		-		-		-	
Pentacosano	-		4,77	-	-		-		-	
9-Pentadecadien-1-Ol	0,33	2101	-		-		-		-	
Heneicosano	0,34	2501	-		-		-		-	
Dihidro-3-(Fenilmetil)-2(3H)-Furanona	0,13	1800	-		-		-		-	
3-Metil-Hexadecano	3,93	-	-		-		-		-	
9-Hexil-Docosano	7,48	2401	-		-		-		-	
Linolenico	1,27	2100	-		-		-		-	
Nonacontano	2,22	-	-		-		-		-	

*Compuestos considerados mayoritarios con relación al % de área

Fuente. Esta investigación.

Los tratamientos presentaron los siguientes números de compuestos identificados:

FSC a 200 bar: 42 compuestos.

FSC a 400 bar: 33 compuestos.

Hidrodestilación: 31 compuestos.

Soxhlet con etanol: 22 compuestos.

Soxhlet con hexano: 34 compuestos.

En los extractos obtenidos por fluidos supercríticos se encontró el mayor número de compuestos.

5.4 Determinación de los usos etnobotánicos e industriales de los compuestos encontrados por GC-MS.

Al analizar en las diferentes extracciones los compuestos bioactivos encontrados por GC-MS, se identificó la posibilidad de varios usos alternativos de la flor estudiada; los resultados muestran que la búsqueda de nuevos usos y posibles aplicaciones fue positiva y con viabilidad para la implementación de varios sectores agroindustriales. De acuerdo al contexto social, económico y ambiental el posible uso industrial de la flor de la papa beneficia directamente a los pequeños productores por su fácil obtención y por la poca inversión que requiere en materia prima, ya que las flores no tienen ningún tipo de uso.

Se encontraron compuestos que según diferentes bases de datos presentan una oferta de ingredientes naturales con diferentes usos etnobotánicos e industriales; algunos poseen acción farmacológica sobre determinadas dolencias o enfermedades.

Se estudió los posibles usos de algunos de los compuestos más significativos en función del % de área en las diferentes familias; se determinó que las sustancias más abundantes en los tratamientos hacen parte de la composición química de ceras:

- Fluidos supercríticos a 200 bar: Nonacosano (21,59%).
- Fluidos supercríticos a 400 bar: Nonadecano (26,88%)
- Hidrodestilación: 2 metiloctacosano (56,77 %), hexatriacontano (27,66%),
9 metil – deceno (19, 19%).
- Soxhlet con etanol: 11-Butil-Docosano (16,73%).
- Soxhlet con hexano: Heptacosano (39,31%).

Las ceras tienen varios usos en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, aplicaciones terapéuticas, usos como el control de hongos, insectos y recubrimientos en frutas y verduras; se utilizan para reducir los daños en frutas, para que se conserven por más tiempo y con mayor calidad mediante recubrimientos con películas cerosas orgánicas, siendo una práctica económica por que evita la pérdida de peso y oxidación, se han realizado varias investigaciones acerca de los diferentes usos de las ceras:

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) es una especie vegetal de gran importancia económica en el norte de México. Se utiliza para la extracción de cera de candelilla la cual se emplea para diversos fines en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, así como también para aplicaciones tradicionales terapéuticas (Burboa, Ascasio, Zugasticruz, Rodriguez, & Aguilar, 2014).

Existe una variedad de sustancias de origen natural que prometen ser excelentes alternativas para el control de hongos destructores de la madera. Entre estas se conocen sustancias como los extractos de plantas, los aceites esenciales, los extractivos de madera, las ceras y las resinas, entre otros, con capacidad para proteger a la madera contra estos patógenos (Tian, y otros, 2011).

La cera de caña contiene propiedades farmacológicas reconocidas (cicatrizante, antiinflamatoria, antimicrobiana, además se le atribuyen efectos positivos en algunas afecciones dérmicas como acné juvenil, picadas de insectos, linfangitis, etc.) la cual es obtenida como subproducto en la elaboración de la caña de azúcar, compuesta por una mezcla de ésteres céreos, ácidos grasos y fitosteroles entre otros (Vizoso, y otros, 2002). Otros autores evaluaron la extracción de cera de la cutícula de la caña dirigida especialmente al sector farmacéutico (García, Ribas, Brown, & García, 2003).

Ensayos de laboratorio han demostrado que una fruta sin tratamiento pierde un 20% de su peso al cabo de 14 días mientras que una tratada con recubrimientos céreos entre el 2 y 4%. Es decir que más que una capa de cera embellecedora, es una capa protectora que da como resultado menos pérdida de peso y una excelente presentación; en los últimos años se ha incrementado la aplicación de recubrimientos céreos que intentan devolver al fruto la ceras natural perdida en el lavado, y con ello reducir las pérdidas de peso y mejorar la apariencia del fruto, aumentando el brillo de ceras naturales (Marcos, 2013).

El encerado de hortalizas de fruto inmaduro, tales como pepinos y calabacitas, o de hortalizas maduras, tales como berenjenas, pimientos y tomates, es una práctica común. Las ceras alimentarias se usan para restituir algunas de las ceras naturales que se eliminaron con las operaciones de lavado y limpieza, ayudando a reducir la pérdida de agua durante el manejo y comercialización. Si el producto se encera, se deberá dejar que seque completamente antes de una manipulación ulterior (Marcos, 2013).

El uso de ceras naturales en la post-cosecha de productos como los cítricos puede considerarse una alternativa para mantener la calidad de los frutos y reducir las pérdidas que se producen durante esta la etapa (Cáceres, Martínez, Cuquerella, Río, & Navarro, 2003).

Frutos de papaya “Maradol” (*Carica papaya L.*) fueron impregnados con diferentes formulaciones de ceras comestibles y almacenadas. Esta formulación podría ser la base para probar nuevas mezclas con la finalidad de mantener una calidad óptima en frutos de papaya “Maradol” (Mercado, Robles, Salinas, Báez, & Guzmán, 2014).

Se comparó un recubrimientos de cera comercial (control) y cera comercial conteniendo un extracto etanólico de propóleos (5% p/v), en frutos de papaya (*Carica papaya L. cv. Hawaiana*) almacenados 12 días (d) a temperatura ambiente (28°C) y entre 65-70 % HR.

Observaron que las papayas tratadas con el extracto de propóleos, presentaron menor deterioro en su apariencia y mayor inhibición del crecimiento de microorganismos durante los primeros 6 días en comparación con los frutos control. Además, no se observaron diferencias en relación a las características fisicoquímicas de los frutos (Barrera, Gil, García, Durango, & Gil, 2012).

Otro compuesto importante fue el ácido palmítico, es uno de los principales ácidos grasos y se encontró en todos los tratamientos realizados; en FSC a 400 bar se presentó el mayor % relativo de área (19,48%) y el menor en hidrodestilación (1,78%); cumple una función reguladora e interviene en procesos vitales del cuerpo incluyendo el mantenimiento de la piel, hace parte de diferentes fórmulas de recubrimientos y se encuentra en diferentes industrias; algunas investigaciones realizadas:

El cuerpo humano es capaz de sintetizar gran parte de los ácidos grasos indispensables a partir del ácido palmítico, los ácidos grasos son moléculas de naturaleza lipídica que forman parte de fosfolípidos y glucolípidos e intervienen en diversas funciones biológicas. En nuestro contexto, los ácidos grasos desarrollan principalmente una función estructural, ya que son moléculas indispensables para la bicapa lipídica de las membranas plasmáticas de las células.

Asimismo, algunos ácidos grasos desarrollan una función reguladora con una gran actividad biológica que intervienen en la regulación y el control de numerosos procesos vitales, como son la respuesta inflamatoria, la regulación de la temperatura corporal y los procesos de coagulación sanguínea. Esta función reguladora hace que participen de manera directa en las cuatro fases del proceso de cicatrización cutánea: coagulación sanguínea, inflamación, formación de nuevo tejido y remodelación tisular (Martinez & Pareras, 2009).

En algunos países de Latinoamérica es frecuente el uso de aceite de palma en la fabricación de margarinas. El aceite de palma, en su composición original, no tiene efectos

negativos en el perfil lipoproteico y del colesterol, debido a la distribución de los ácidos grasos en los triglicéridos que lo forman. El ácido palmítico (P), que es el ácido graso mayoritario en el aceite de palma (80%). De esta forma el triacilglicérido mayoritario en el aceite de palma es Palmítico-Oleico-Palmítico (POP) y en menor proporción Palmítico-Linoleico-Palmítico (PLP) (Valenzuela B, 2008).

Tanada & Grosso (2005) formularon un recubrimiento a base de gluten, etanol, hidróxido de amonio, glicerol y lo aplicaron en fresa (*Fragaria vesca L*). Con este recubrimiento se logró mantener el sabor de las fresas por más tiempo (5 días) en comparación con el control, sin embargo, sus propiedades de barrera al agua no fueron buenas. A esta misma formulación se le adicionó cera de abeja, ácido esteárico y ácido palmítico, reduciendo la pérdida de peso en las fresas hasta en un 50% en comparación con el recubrimiento sin lípidos.

Los ácidos grasos son muy importantes en el mantenimiento de la integridad de la piel, son una opción terapéutica en el cuidado de la piel perilesional, la prevención de las úlceras por presión, vasculares y de pie diabético, existen evidencias científicas sobre los beneficios del uso de lípidos, concretamente ácidos grasos, para la regeneración epidérmica y para la prevención de las úlceras crónicas (Martinez & Pareras, 2009).

Entre los compuestos también se encontraron diferentes terpenos, los de mayor % relativo de área se presentaron en hidrodestilación: farnesol (21.99%), ledol (15%), geranilacetona (7.71%), α -terpinoleno (6.41%), que pertenecen al grupo de los sesquiterpenos, los cuales presentan propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes, entre otras, como se analizó en diferentes investigaciones:

Los datos de diferentes investigaciones informan el predominio de sesquiterpenos en el perfil químico de algunos aceites esenciales, esta diferencia en la composición química justifica

los resultados positivos obtenidos sobre la actividad antifúngica de aceites esenciales estudiados (Medeiros y otros, 2003).

Se estudió la composición química por cromatografía de gases-espectrometría de masa de tres aceites esenciales extraídos de romero, tomillo y cúrcuma, plantas muy utilizadas en Colombia para la industria alimentaria, en especial como condimento. Adicionalmente se evaluaron estos aceites obtenidos frente a dos cepas grampositivas y dos cepas gramnegativas. En la cepa *E. faecali*, bacteria grampositiva, se produjo resultados con respecto a la inhibición con porcentajes de 40 % del aceite de romero, 20 % para el aceite de tomillo y 50% para el caso de la cúrcuma, esto puede indicar que posiblemente el aceite de cúrcuma es de los más activos, porque en sus componentes principales posee un porcentaje alto de sesquiterpenos oxigenados, confirmado por estudios anteriores que reportan resultados similares (Acosta & Barrera, 2013).

La abundancia de sesquiterpenoides y en especial, de derivados oxigenados de sesquiterpenos, así como algunos de los compuestos identificados en el aceite esencial de *P. tuberculatum* y otras del género *Piper* han presentado actividad biológica variada como actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, larvicida y antimutagénicas, entre otras (Guerrini, y otros, 2009).

Además, se ha informado que especies que presentan alto contenido de sesquiterpenos muestran propiedades antioxidantes, como los resultados encontrados para los aceites esenciales de *Lantana camara* (Verbenaceae), donde más del 30% de la mezcla lo representaban hidrocarburos sesquiterpénicos (C₁₅H₂₄) y sus análogos oxigenados (Stashenko, Jaramillo, & Martinez, 2003).

Otro compuesto significativo en los ácidos grasos, fue el ácido linoleico que presentó un % de área mayor (17,17%) en FSC a 400 bar (Tabla 6), es un ácido graso esencial de la serie omega, produce efectos beneficiosos para la salud ya que es preventiva y terapéuticamente útil frente a diferentes enfermedades, se han realizado diferentes investigaciones con respecto al tema:

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad en Europa, Estados Unidos y gran parte de Asia. Existen varios factores de riesgo asociados a las enfermedades cardiovasculares, entre ellos están el colesterol total, la homocisteína y los triglicéridos elevados, la hipertensión, la diabetes y niveles reducidos de colesterol HDL. Muchos de estos factores de riesgo son influenciados por la dieta, la ingesta de alimentos enriquecidos en ácidos grasos poliinsaturados n-3 (EPA y DHA) es una opción disponible que puede ser eficaz en la reducción de factores de riesgo de enfermedades, sustituyendo a los suplementos sin originar cambios en los hábitos alimentarios del consumidor (Carrero, y otros, 2005).

Los omega- 3 presentan posibles aplicaciones clínicas en patologías tales como las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoide e injuria por isquemia - reperfusión. Los omega-3 pueden tener promisorias aplicaciones en el tratamiento y la prevención de diferentes patologías clínicas o nutricionales (Valenzuela, Tapia, Gonzáles, & Valenzuela, 2011).

Entre los compuestos identificados se encontraron ésteres de ácidos grasos, los que presentaron un % mayor de área fueron el palmitato de etilo (6,26%), y el linoleato de etilo (11.26%) obtenidos mediante extracción Soxhlet con etanol. En la tabla 8 se presentan algunos de los usos etnobotánicos encontrados para estas sustancias.

Tabla 7: Usos etnobotánicos de los esteres de ácidos grasos mayoritarios.

Compuesto	Usos etnobotánicos
Palmitato de etilo	Sordera, debilidad, decocción, descongestionante, delirio, demencia, dental, dentífrico, odontológico, desodorante, depilatorio, depresivo, depurativo, dermatitis, dermatogénico, dermatofitosis, detergente, detergente.
Linoleato de etilo	Sordera, debilidad, decoagulante, preventivo (muerte), demulcente, dengue, desintoxicante, depresivo.

Fuente: Dr. Duke (2018)

Los compuestos con bajo % área relativa que presentaron algún tipo de uso se describen en el anexo 1; donde se muestra el compuesto identificado, su respectivo uso y según información secundaria las plantas que fueron fuentes de estudios para encontrar la utilidad de los compuestos.

Conclusiones

- Cada uno de los métodos de extracción empleados, presentó diferencias en cuanto a rendimientos y número de compuestos; el método con mayor rendimiento fue soxhlet con etanol como solvente.
- La extracción con fluidos supercríticos permitió obtener el extracto con mayor número de componentes y familias de compuestos.
- En los extractos de la flor de la papa se encontraron diferentes tipos de compuestos clasificados principalmente en ceras, ácidos grasos, esterés, terpenoides y alcoholes.
- El ácido palmítico fue el único compuesto que se encontró en los 5 diferentes procesos de extracción en la flor de la papa.
- Se identificaron varios usos etnobotánicos e industriales en algunos compuestos de las diferentes extracciones, convirtiendo a la flor de la papa en una fuente promisoría de interés agroindustrial.
- El presente estudio reporta por primera vez datos científicos acerca de la composición de los extractos de la flor de la papa, basados en análisis por cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una caracterización con otros métodos de extracción diferentes a los utilizados en esta investigación con la finalidad de incrementar el escaso conocimiento que existe de los extractos de la flor de papa con miras a evaluar la factibilidad económica, social y ecológica del potencial agroindustrial y sus posibles usos etnobotánicos, además, es importante realizar un análisis bromatológico para encontrar el valor nutritivo y sensorial de la flor de papa, con el fin de descubrir otras posibles utilidades de los compuestos en diferentes industrias.

Referencias

- Acosta, G., & Barrera, C. (2013). Actividad antibacteriana y determinación de la composición química de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) de Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(2), 237-246.
- Albado Plaus, E., Saez Flores, G., & Grabiél Ataucusi, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Medica Herediana*, 12(1), 16-19.
- Alves de Barros, N., von Randow de Assis, A., & Fernandes, M. (2014). Extração do óleo de manjeriço usando fluido supercrítico: análise experimental e matemática. *Ciência Rural*, 44(8), 1499-1505.
- Anastacio rebollar, I., García, D., Hernández, R., Guerra, L., & Villanueva, G. (2017). Extracción de cera a partir de cachaza con etanol 96 °GL a escala de laboratorio. *Tecnología Química*, 37(1), 140-151.
- Andrade, C., Costa, C., Bora, K., Dallarmi, M., Gomes, O., & Kerber, V. (2007). Determinação do conteúdo fenólico e avaliação da atividade antioxidante de *Acacia podalyriifolia* A. Cunn. ex G. Don Leguminosae-mimosoideae. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 17(2), 231-253.
- Arévalo, J. M. (2012). *Propuesta de un extracto colorante a partir de hibiscus sabdariffa flor de jamaica para ser utilizada en la industria textil*. Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador, Facultad de química y farmacia, El salvador.

- Barrera, E., Gil, M., García, C., Durango, D., & Gil, J. (2012). Empleo de un recubrimiento formulado con propóleos para el manejo poscosecha de frutos de papaya (*Carica papaya* L.cv. *Hawaiiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6497-6506.
- Barrera, L., Hung Guzmán, B., Botta Gómez, A., Hernández Sosa, E., Pérez González, M., & Aguilar Navarro, B. (2009). Caracterización física y tamizaje fitoquímico de la especie *Tagetes erecta* lin. *Revista Cubana de Química*, 21(2), 10-15.
- Brunner, G. (2005). Supercritical fluids: technology and application to food processing. *Journal of Food Engineering*, 67(1), 21-33.
- Burboa, E., Ascasio, J., Zugastacruz, A., Rodriguez, R., & Aguilar, C. (2014). Capacidad antioxidante y antibacteriana de extractos de residuos de candelilla. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(1), 51-56.
- Cabrera, S. A., Sandoval, A. P., & Forero, F. (2014). Potencial antioxidante y antimicrobiano de extractos acuosos e hidroalcohólicos de granadilla (*Passiflora ligularis*). *Acta Agronómica*, 63(3), 204-211.
- Cáceres, I., Martínez, J., Cuquerella, J., Río, M., & Navarro, P. (2003). Influencia del encerado en la calidad de la mandarina *Clemenules* procedentes de sistemas de producción integrada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2), 113-116.
- Caldas, A. P. (2012). *Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido*. Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Facultad de ciencias químicas, Cuenca.
- Cardenas, B., López, A., Martínez, B., Bermudez, K., & Trejo, G. (2012). Advances in the phytochemistry of *Cuphea aequipetala*, *C aequipetala* var *hispida* and *C lanceolata*:

- Extraction and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(3), 401-413.
- Caroprese, J., Parra, M., Arrieta, D., & Stashenko, E. (2011). Anatomía microscópica y metabolitos secundarios volátiles en tres estadios del desarrollo de las inflorescencias de *Lantana camara* (*Verbenaceae*). *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 473-486.
- Carrero, J., Martín Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J., & López Huertas, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, 20(1), 63-69.
- Castañeda, D. M., Gallego, L. C., & Mora, M. (2004). Diseño conceptual de un sistema de extracción supercrítica con CO₂. *Ingeniería Química*, 1(415), 165-169.
- Castañeda, R., & Cáceres, A. (2014). Compuestos bioactivos y propiedades terapéuticas de los cálices de rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* Linn). *Revista Científica*, 24(1), 7-24.
- Cerpa, M. G. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales: Modelado y caracterización*. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias, Valladolid.
- Cervantes, M. G. (2006). *Escrutinio de compuestos bioactivos en especies americanas de muérdago*. Tesis de maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C, Facultad de medicina, San Luis Potosí.
- Colcha, E. M. (2009). *Evaluación del impacto ambiental de tecnologías para producción de papa (*Solanum tuberosum*) con alternativas al uso de plaguicidas peligrosos en Tiazo San Vicente provincia de Chimborazo*. Tesis de grado, Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Facultad de recursos naturales, Ecuador.

- Cortés, D., Chagas, D., Da Costa, F., Souza, C., & Oliveira, W. (2013). Bioactive compounds in *Bidens pilosa* L. populations: a key step in the standardization of phytopharmaceutical preparations. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(1), 28-35.
- Cortéz, R., & Hurtado, G. (2002). Guía técnica Cultivo de la Papa. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA*.
- Corzo, P., Moreno, J., Franco, B., & Fierro, L. H. (2003). *Manual de papa para productores*. (Corpoica) Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13426>
- Domínguez, L. E. (2012). *Efecto de la aplicación del extracto hidroalcohólico de flores de caléndula en la estabilización del color y vida útil en pulpa de frutas*. Tesis magister, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de química, Bogota.
- Esquivel, A., & Vargas, P. (2007). Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales. *Tecnología en Marcha*, 20(4), 41-50.
- Florián, S. V. (2014). *Efecto del rango punto de ebullición del éter de petróleo en las características fisicoquímicas del aceite extraído del grano del maní (arachis hypogaea L.)*. Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de ciencias agrarias, Peru.
- García, A., Ribas, M., Brown, A., & García, M. (2003). Recuperación de cera de cutícula de caña de azúcar mediante separación mecánica y extracción con solventes. *Grasas y Aceites*, 54(2), 169-174.
- Guerrini, A., Sacchetti, G., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Andreotti, E., . . . Bruni, R. (2009). Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz y Pavon (*piperaceae*)

- essential oils from Eastern Ecuador. *Environ. Environmental Toxicology and Pharmacology*, 27(1), 39-48.
- Herrera, S., Zampini, I., Almeida, R., Boguetti, H., & Isla, M. (2007). Extracción con fluido supercrítico de compuestos con capacidad antioxidante de *Baccharis incarum*: Comparación con métodos convencionales. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 6(5), 250-251.
- Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2006). Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae. *Food Chemistry*, 98(1), 136-148.
- Kagale, S., Marimuthu, T., Thayumanavan, B., Nandakuman, R., & Samiyappan, R. (2004). Antimicrobial activity and induction of systemic resistance in rice by leaf extract of *Datura metel* against *Rhizoctonia solani* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Physiological and molecular plant Pathology*, 65(2), 91-100.
- Luque de Castro, M. D., & Garcia, L. E. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*, 369(2), 1-10.
- Marcos, F. (2013). *Ceras Naturales y extractos de orégano y tomillo en la poscosecha de tomate tipo bola (Lycopersicon esculentum mill)*. Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Facultad de agronomía, México.
- Martinez, F., & Pareras, E. (2009). La efectividad de los ácidos grasos hiperoxigenados en el cuidado de la piel perilesional, la prevención de las úlceras por presión, vasculares y de pie diabético. *Gerokomos*, 20(1), 41-46.

- Mercado, J., Robles, J., Salinas, R., Báez, R., & Guzmán, I. (2014). Efecto del recubrimiento con ceras comestibles en fruto de papaya (*Carica papaya L.*) sobre su calidad durante el almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología*, 15(1), 31-40.
- Mukhopadhyay, M. (2001). Natural extracts using supercritical carbon dioxide. *Journal of Medicinal Chemistry*, 44(7), 1122-1123.
- Palacios, A., & Castillo, W. (2015). Modelamiento de extracción del aceite esencial de *Aloysia citriodora* y *Schinus molle*. *Revista de Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 14-24.
- Pasquel, A. (2002). Extracción del aceite de la cáscara de *Bactris gasipaes* HBK usando dióxido de carbono presurizado. *Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2(1), 1-14.
- Pasquel, A., Del Castillo, A., Sorero, V., & García, D. (2002). Extracción del aceite de la cáscara de *Bactris gasipaes* HBK usando dióxido de carbono presurizado. *Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2(1), 1-14.
- Pérez, D., & Rincón, L. (2007). *Estudio del efecto anti-microbiano del aceite esencial de *Mintostachys mollis* combinado con inactivación térmica sobre cepas de *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus**. tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ciencias, Bogotá.
- Pérez, L., Rodríguez, L., & Gómez, M. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum Phureja*) variedad criolla Colombia. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 477-486.
- Rodríguez, A., Morales, D., & Ramírez, M. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos tropicales*, 21(2), 79-82.

- Rodriguez, L. F., Giraldo, G. A., & Murillo, P. E. (2011). Determinación del quimiotipo de la fracción volátil del aceite esencial de hojas de albahaca de variedad ocimum, por cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS). *Revista Tumbaga*, 1(6), 53-62.
- Saldarriaga, I., Sánchez, G., Bonilla, C., Sánchez, M., & Torres, h. (2010). Evaluación agroindustrial de los aceites esenciales de *Artemisia dracunculosa* L, *Franseria artemisioides* Willd, *Salvia officinalis* L, *Lippia dulcis* Frev, y *Occimum americanum* L en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 59(3), 293-302.
- Salomé, L., Soto, R., Cruz, N., & González, V. (2015). Chemical composition of scented extracts obtained from *Calendula officinalis* by three extraction methods. *Botanical Sciences*, 93(3), 633-638.
- Salomón, J., Estévez, A., Gonzáles, M., & Castillo, J. (2002). Selección de parentales para la producción de semilla botánica de papa (*Solanum tuberosum* L). *Cultivos Tropicales*, 23(4), 71-74.
- Sánchez, R., & Restrepo, J. (2009). Comparación de la composición de aceites esenciales de salvia amarga (*Eupatorium odoratum*) obtenidos por hidrodestilación y dióxido de carbono supercrítico. *El Hombre y la Máquina*, 2(32), 76-85.
- Stashenko, E., Jaramillo, B., & Martínez, J. (2003). Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante in vitro de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev. Acad. Colomb*, 27(105), 579-597.
- Stashenko, E., Martínez, J. R., Leyva, M. A., & García, A. (2007). Determinación de la composición química y actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de *piper auritum* kunth (*piperaceae*) difundida en la costa colombiana. *Scientia et Technica*, 13(33), 439-442.

- Stashenko, E., Martinez, J., Tunarosa, F., & Ruiz, C. (2007). Estudio comparativo por GC-MS de metabolitos secundarios volátiles de dos quimiotipos de *Lippia origanoides* H.B.K., obtenidos por diferentes técnicas de extracción. *Scientia et Technica*, 13(33), 325-328.
- Tanada, P., & Grosso, C. (2005). effect of edible wheat gluten-based films and coating on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 199-208.
- Tian, J., Ban, X., Zeng, H., He, J., Huang, B., & Wang, Y. (2011). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosal* L. var. *latisecta* Celak. *Int Journal Food Microbial*, 145(2), 464-470.
- Valenzuela B, A. (2008). Ácidos grasos con isomería trans II. Situación de consumo en latinoamérica y alternativas para su sustitución. *Revista Chilena de nutrición*, 35(3), 172-180.
- Valenzuela, R., Tapia, G., Gonzáles, M., & Valenzuela, A. (2011). Ácidos grasos omega-3 (EPA Y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista Chilena de nutrición*, 38(3), 356-367.
- Velasco, R., Villada, H., & Carrera, J. (2007). Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria. *Revista Información Tecnológica*, 18(1), 53-66.
- Vizoso, Á., García López, A., Ramos Ruiz, A., Villaescusa González, A., Armenteros, A., Castro Méndez, I., & Piloto Ferrera, J. (2002). Extracto hidroalcohólico de cera de caña no induce daño genético. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1(7), 18-22.

Anexos

Anexo 1: Posible actividad biológica de los compuestos en los extractados presentes en la flor de
papa

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
Fenetil Alcohol	Alcoholismo	Tecoma stans
		Hyoscyamus niger
		Dorstenia drakena
	Antidoto (Alcohol)	Asparagus lucidum (Liliaceae)
		Vicia faba (Fabaceae)
2,6,10-Trimetil-(Z)-1,5,9-Undecatrieno	Herpes zoster	Balanites aegyptiaca
		Hoslundia opposita
N-Butilciclopentanona	Dolor de cuello	Asclepias viridis
	Antídoto (narcotico)	Coffea arabica
	Cancer (nariz)	Adenia lobata
		Amomum melegueta
		Argemone mexicana
		Aristolochia baetica
	Emisión (nocturna)	Humulus japonicus
	Linfoma (cuello)	Brassica nigra
	Nalaria	Cinchona officinalis
	Cuello	Momordica cochinchinensis
	Nectar	Erica cerinthoides
		Halleria lucida
		Leonotis spp.
	Nematicida	Brucea javanica
	Nematodo	Quisqualis indica
	Neoplasia	Curcuma zedoaria
	Neoplasma	Clematis chinensis
Nefritis	Aconitum chinense	
Nefrosis	Aralia elata	
Nervios	Aconitum sp	

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Neuralgia	<i>Aconitum columbianum</i>
		<i>Mentha spicata</i>
	Neuratenia	<i>Artemisia carvifolia</i>
		<i>Asparagus officinalis</i>
	Neuritis	<i>Nacúcea rhynchophylla</i>
	Neuroblastosma	<i>Piper culebratum</i>
		<i>Plantago major</i>
	Neurodermatitis	<i>Sesamum indicum</i>
	Neuroparalisis	<i>Sesamum indicum</i>
	Neurosis	<i>Indigofera suffruticosa</i>
		<i>Lilium brownii</i>
	Recién nacido	<i>Alchornea cordifolia</i>
	Fiebre en la noche	<i>Spondias pinnata</i>
	Sudor en la noche	<i>Artemisia annua</i>
	Pesadilla	<i>Coccinia hirtella</i>
	Nodo	<i>Ampelopsis japonica</i>
		<i>Ricinus communis</i>
	Nariz	<i>Adenia lobata</i>
	Entumescimiento	<i>Aconitum chinensis</i>
		<i>Acorus gramineus</i>
<i>Alangium chinense</i>		
<i>Conioselinum univittatum</i>		
Nictalopia	<i>Magnolia officinalis</i>	
Pólipo	<i>Melilotus arvensis</i>	
Preventivo (nausea)	<i>Carex macrocephala</i>	
Tumor en la nariz	<i>Angelica sinensis</i>	
	<i>Gardenia jasminoides</i>	
	<i>Hedyotis diffusa</i>	
Oxido de Cariofileno	Sordera	<i>Asarum sieboldi</i>
		<i>Centipeda minuta</i>
	Muerte	<i>Paederia foetida</i>
		<i>Panax ginseng</i>
	Debilidad	<i>Abelmoschus moschatus</i>
		<i>Acacia lutea</i>
		<i>Tortuosa</i>
	Decoagulante	<i>Ageratum conyzoides</i>
		<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
		Arachis hypogaea
		Eryngium foetidum
	Decoccion	Larrea mexicana
	Descongestionante	Eucalyptus bicolor
		Eupatorium odoratum
	Decubitis	Piper angustifolium
	Delirante	Liquidambar formosana
	Demencia	Datura stramonium
	Demulcente	Abelmoschus moschatus
		Acacia farnesiana
		Adenophora polymorpha
	Dengue	Acronychia odorata
	Dental	Laminaria digitata
	Dentrfico	Acacia kamerunensis
		Acacia pinnata
	Odontologia	Plumbago europaea
		Sassafras albidum
		Senecio vulgaris
	Dentición	Cordia mirabiloides
		Jatropha curcas
	Dentadura	Byrsonima crassifolia
	Depilatorio	Couropita guianensis
		Couropita surinamensis
	Depresivo	Ailanthus altissima
		Ailanthus glandsulosa
	Depurativo	Acanthus mollis
	Dermatitis	Acacia kamerunensis
		Glochidion eriocarpum
	Dermatitogenico	Hippomane mancinella
	Dermatofitosis	Cinnamomum camphora
		Hibiscus syriacus
		Hibiscus syriacus
		Salvia miltiorrhiza
	Dermatosis	Bauhinia variegata
	Detergente	Acacia catechu
		Andira araroba
	Detersivo	Alliaria petiolata

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Desintoxicante	Andrographis paniculata Ardisia japonica
	Depresor respiratorio	Delphinium brunonianum
cis-9-Tetradecen-1-Ol	Oligospermia	Orobanche sp
	Oliguria	Achras sapota
		Allium sativum
		Artocarpus altilis
Bixa orellana		
N-(3-Metilbutil) Acetamida	Cancer (nariz)	Amomum melegueta
		Argemone mexicana
		Curcuma domestica
	Narcótico	Aconitum deinozhizum
		Aconitum lycoctonum
		Aesculus hippocastanum
		Ajuga reptans
	Nausea	Alisma plantago
		Aloysia triphylla
		Alpinia globosa
	Nectar	Erica cerinthoides
		Halleria lucida
		Leonotis spp
	Nematicida	Brucea javanica
	Nematodo	Quisqualis indica
	Neophasia	Acanthus ilicifolius
		Curcuma zedoaria
		Livistona chinensis
		Oldenlandia corymbosa
	Neoplasma	Clematis chinensis
		Clematis hexapetala
		Sedum minimum
	Nefritis	Alisma gramineum
		Alisma plantago-aquatica
		Arachis hypogaea
		Bryophyllum pinnatum
	Nervios	Aconitum napellus
Aconitum sp		
Acorus calamus		

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Neuralgia	<i>Acnistus arborescens</i>
		<i>Aconitum columbianum</i>
		<i>Aconitum napellus</i>
	Neurastenia	<i>Artemisia carvifolia</i>
		<i>Asparagus officinalis</i>
		<i>Cuscuta chinensis</i>
		<i>Dioscorea batatas</i>
	Neuritis	<i>Nauclea rynchophylla</i>
		<i>Sesamum indicum</i>
	neuroblastoma	<i>Piper culebratum</i>
		<i>Plantago major</i>
	Neurodermatitis	<i>Lantana cámara</i>
	Neuroparalisis	<i>Sesamum indicum</i>
	Neurosis	<i>Lilium brownii</i>
		<i>Passiflora incarnate</i>
	Recien nacido	<i>Alchornea cordifolia</i>
		<i>Baphia nítida</i>
	Sudor nocturno	<i>Artemisia annua</i>
		<i>Blechum pyramidatum</i>
		<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>
	Hemorragia Nasal	<i>Buddleja sp</i>
		<i>Gomphrena globosa</i>
		<i>Oxalis corniculata</i>
		<i>Sedum dendroideum</i>
	entumecimiento	<i>Acorus gramineus</i>
		<i>Alangium chinense</i>
	Nictalopia:	<i>Magnolia officinalis</i>
Hipnotico	<i>Citrus sinensis</i>	
Posparto	<i>Cinnamomum iners</i>	
Preventivo (nauseas) :	<i>Carex macrocephala</i>	
Tumor Nariz	<i>Angelica sinensis</i>	
	<i>Gardenia jasminoides</i>	
	<i>Hedyotis diffusa</i>	
2,3-Dihidro-3,5-Dihidroxi-6-Metil-4H-Piran-4-Ona	Dolor de cabeza	<i>Coffea arabica</i>
		<i>Gossypium barbadense</i>
		<i>Ipomoea hederifolia</i>
		<i>Ocimum micranthum</i>

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO	
		Rosmarinus officinalis	
		Capsicum frutescens	
	Antidoto	Fevillea cordifolia	
		Pavonia spinifex	
	Asma	Grindelia camporum	
	Frio (cabeza)		Rosmarinus officinalis
			Aloe barbadense
			Nicotiana tabacum
			Petiveria alliacea
			Zingiber officinale
	Cabello		Narcissus tazetta
			Citrus aurantifolia
			Asparagus africanus
	Crecimiento capilar		Evolvulus alsinoides
			Fallugia paradoxa
	Aceite de Cabello		Persea americana
	Set de cabello		Plantago sp
	Tónico Capilar		Persea americana
			Populus nigra
			Urtica dioica
			Schleicheria trijuga
	Lavado de cabello		Dillenia indica
			Gouania leptostachya
	Halitosis		Syzygium aromaticum
	Alucinacion		Peucedanum japonicum
	Alucinógeno		Salvia divinorum
	Resaca		Cinchona officinalis
			Urena lobata
	Fiebre de heno		Ephedra sinica
			Mandragora officinarum
Corazon		Abies balsamea	
		Aconitum napellus	
		Asparagus officinalis	
		Sorbus americana	
		Taraxacum officinale	
		Stachytarpheta cayennensis	
		Cinnamomum verum	

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Acidez estomacal	Juglans regia
		Prunus dulcis
		Taraxacum officinale
	Sarpullido	Lemna minor
		Melia azedarach
	Helmintiasis	Eupatorium fortunei
		Zingiber officinale
	Hematoquecia	Brassica rapa
	Hematemesis	Urtica dioica
		Urtica pilulifera
		Curcuma domestica
		Cocos nucifera
	Hematoquecia	Populus alba
		Achillea millefolium
	Hematocele	Verbena officinalis
	Hematoma	Equisetum hiemale
		Hibiscus syriacus
		Persea americana
	Hemoptisis	Urtica dioica
		Rumex sanguineus
		Cordia globosa
	Hematuria	Allium sativum
		Capsella bursa-pastoris
	Hemicrania	Anemone pulsatilla
		Cyperus rotundus
		Eriocaulon sp
	Hemoglobinuria	Morinda lucida
	Hemolítico	Rhus vernicifera
		Sansevieria thyrsoiflora
	Hemoptisis	Acorus calamus
Camellia sinensis		
Cocos nucifera		
Allophylus cominia		
Allophylus occidentalis		
Musa paradisiaca		
Urtica pilulifera		
Hemolisis	Sanguisorba canadensis	
Hemorragia:	Cocos nucifera	

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
		Populus alba
		Equisetum bogotense
		Kalmia latifolia
		Tamarindus indica
	Hemorroides	Hamamelis virginiana
	Hemostático	Cocos nucifera
	Hepático	Cuscuta epithymum
		Fabiana imbricata
	Hepatitis	Lactuca intybacea
		Pavonia spinifex
		Allium sativum
		Aloe barbadensis
	Hepatomegalia	Acanthus ilicifolius
	Hepatoma	Galium aparine
		Solanum nigrum
	Hernia	Bursera simaruba
		Coriandrum sativum
		Foeniculum vulgare
		Melia azedarach
		Citrus reticulata
		Manihot esculenta
		Syzygium aromaticum
	Herpes	Brassica nigra
		Tabernaemontana citrifolia
	Hematismo	Thlaspi arvense
	Hipo	Ocimum basilicum
		Raphanus sativus
	Hidrosis	Oryza sativa
		Polygonatum officinale
	Hirudicida	Anagallis arvensis
	urticaria	Nepeta cataria
Polygala senega		
Ronquera	Passiflora quadrangularis	
	Apium graveolens	
Remedio Casero	Genista tinctoria	
Homeopatía	Helianthus annuus	
	Hippomane mancinella	

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Miel	Brassica rapa
	Anquilostomas	Abrus precatorius
	Hambre	Achillea sibirica
		Alopecurus sp
	Hidrocele	Rhododendron ponticum
	hidrofobia	Allium cepa
		Asparagus officinalis
		Capparis cynophallophora
		Cynara scolymus
		Jatropha gossypifolia
		Lagenaria siceraria
	Hidrotorax	Coix lacryma-jobi
		Draba nemorosa
	Himen	Chrysobalanus icaco
	Hiperacidez	Acorus gramineus
		Codonopsis pilosula
	Hiperclorhidria	Heliopsis longipes
	hipercolesterolemia	Alisma plantago-aquatica
	Hiperemia	Anemone nemorosa
	Hiperglucemia	Eucalyptus sp
		Quassia amara
		Allium cepa
	Hipertensión	Allium sativum
		Annona muricata
		Gouania polygama
		Mangifera indica
		Musa paradisiaca
	Hipertrofia	Senecio vulgaris
		Toxicodendron radicans
	hiperuricemia	Heliotropium indicum
	Hipnótico	Valeriana jatamansi
		Coffea arabica
	hipocondría	Ananas comosus
		Furcraea hexapetala
	Hipoglucemia	Scutellaria baicalensis
	Hipotensión	Corylus avellana
		Portulaca oleracea
		Arundo donax

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Histeria	Allium sativum
		Aloe barbadensis
	Esclerosis	Vicia faba
	Estimulante (hepático)	Podophyllum hexandrum
	Tumor (mano)	Zingiber officinale
	Tumor (cabeza)	Camellia sinensis
	Tumor (corazón)	Papaver rhoeas
Papaver orientale		
D-Allaso	Enfermedad de Addison	Glycyrrhiza glabra
		Glycyrrhiza uralensis
	Antídoto (Ahogamiento)	Gleditsia chinensis
	Antidoto (Droga)	Croton tiglium
	Mordedura (perro)	Camellia sinensis
	Enfermedad de Bright	Allium cepa
		Rudbeckia laciniata
		Zea mays
	Cáncer (digestivo)	Smilax china
		Solanum nigrum
	Enfermedad Cardíaca	Chilopsis linearis
	Colico - Diarrea	Helicteres isora
	Caspa	Persea americana
	Sordera	Allium sativum
		Ricinus communis
	Debilidad	Asparagus officinalis
	Decoagulante	Arachis hypogaea
		Bambusa vulgaris
		Carica papaya
		Eryngium foetidum
	Decocción	Larrea mexicana
	Descongestionante	Eupatorium odoratum
		Lactuca intybacea
Passiflora quadrangularis		
Decubitus	Piper angustifolium	
Delirio	Conium maculatum	
Demencia	Datura stramonium	
Demulcente	Allium sativum	
	Anemone hepatica	
Dengue	Acronychia odorata	

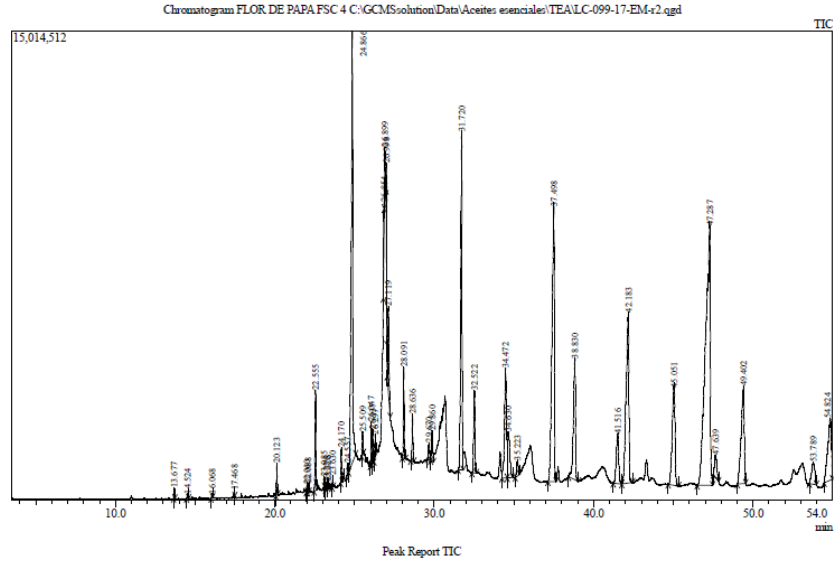
COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Dental	Laminaria digitata
	Dentífrico	Acorus calamus
		Gouania lupuloides
		Achyranthes aspera
	Odontología	Plumbago europaea
		Sassafras albidum
	Dentición	Cordia mirabiloides
		Jatropha curcas
	Desodorante	Cuscuta americana
	Depilatorio	Couroupita guianensis
		Hernandia sonora
	Depresión	Cannabis sativa
		Cyperus rotundus
	Depurativo	Acanthus mollis
		Adiantum capillus-veneris
		Allophylus cominia
	Dermatitis	Acacia kamerunensis
	Dermatofitosis	Cinnamomum camphora
		Datura metel
	Dermatosis (Veterinaria)	Couroupita peruviana
	Dermatosis	Kallstroemia maxima
	Detergente	Acacia catechu
		Antirrhinum majus
		Ipomoea quamoclit
		Senecio jacobaea
	desintoxicante	Andrographis paniculata
		Ardisia japónica
	Diabetes	Cynara cardunculus
		Equisetum giganteum
		Equisetum bogotense
		Turnera diffusa
		Artocarpus altilis
	Diaforético	Adiantum capillus-veneris
		Capsicum annum
		Citrus limon
	Digestión	Chrysanthemum parthenium
		Cola nitida

COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
	Difteria	Allium cepa
		Juglans nigra
	Desinfectante	Ficus carica
		Rosmarinus officinalis
	Dislocación	Cyrtopodium punctatum
		Clusia rosea
	Moquillo	Clematis grossa
	Drenaje	Fritillaria thunbergii
	Babeo	Morus alba
	Hidropesía	Bocconia frutescens
		Daucus carota
		Equisetum arvense
		Hippomane mancinella
	Hidropesía (veterinario)	Thevetia peruviana
	Droga	Aralia continetalis
		Lactarius piperatus
		Phacocapnos pruinosis
	Embriaguez	Deeringia polysperma
	Duodeno	Acalypha phleooides
		Glycyrrhiza uralensis
	Colorante	Carthamus tinctorius
		Datura stramonium
	Discrasia	Solanum nigrum
	Disentería	Acacia tortuosa
		Allophylus cominia
		Althaea rosea
		Bidens pilosa
		Citrus sinensis
	Dismenorrea	Boerhaavia diffusa
		Capraria biflora
Capsella bursa-pastoris		
Cicer arietinum		
Citrus aurantifolia		
Turnera diffusa		
Dispepsia	Acalypha alopecuroides	
	Aloe barbadensis	
	Chrysanthemum parthenium	

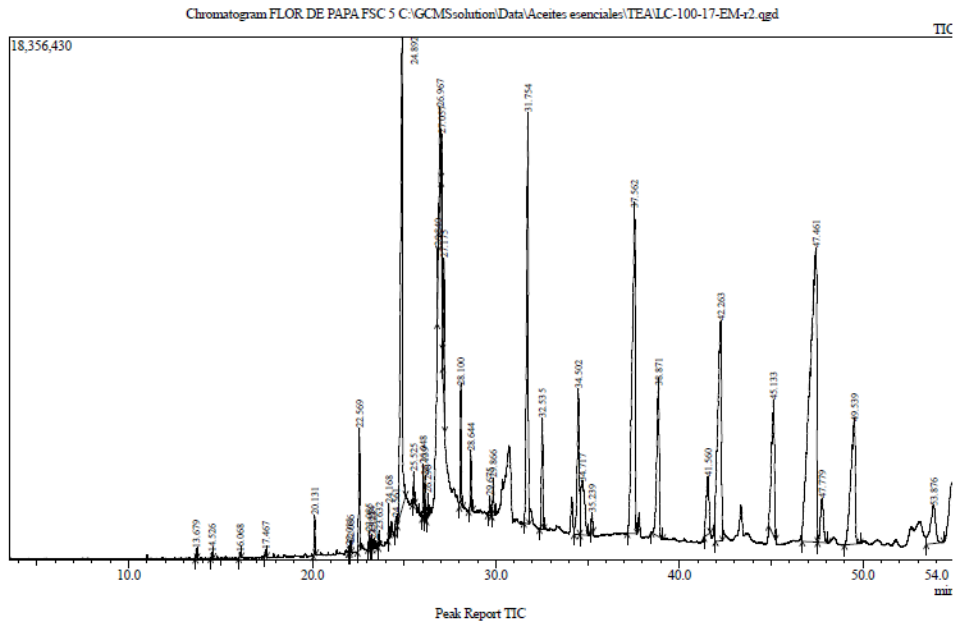
COMPUESTO	USOS ETNOBOTANICOS E INDUSTRIALES	PLANTAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA REPORTADO EL COMPUESTO
		Cucumis melo
	Disfagia	Impatiens balsamina
		Rubus incisis
	Disnea	Chenopodium ambrosioides
		Prunus dulcis
		Citrus aurantium
		Lippia dulcis
	Disuria	Chamaesyce hypericifolia
		Larrea tridentata
	Colorante – Alimentos	Calendula arvensis
		Carthamus tinctorius
	Tinte de cabello	Geophila herbacea
		Lawsonia inermis
	Enfermedad de Hodgkin	Catharanthus roseus
		Forsythia suspensa
	Enfermedad Linfática	Gallesia gorazema
	Preventivo (Dispepsia)	Mentha piperita
Depresor respiratorio	Delphinium brunonianum	
Enfermedad de la piel	Gomphia pariflora	
Tumor Diafragma	Ocimum basilicum	
Tumor digestivo	Thymus vulgaris	
9-Pentadecadien-1-Ol	Oligospermia	Orobancha sp
	Oliguria	Artocarpus altilis
		Cucumis melo

Fuente: Dr. Duke (2018)

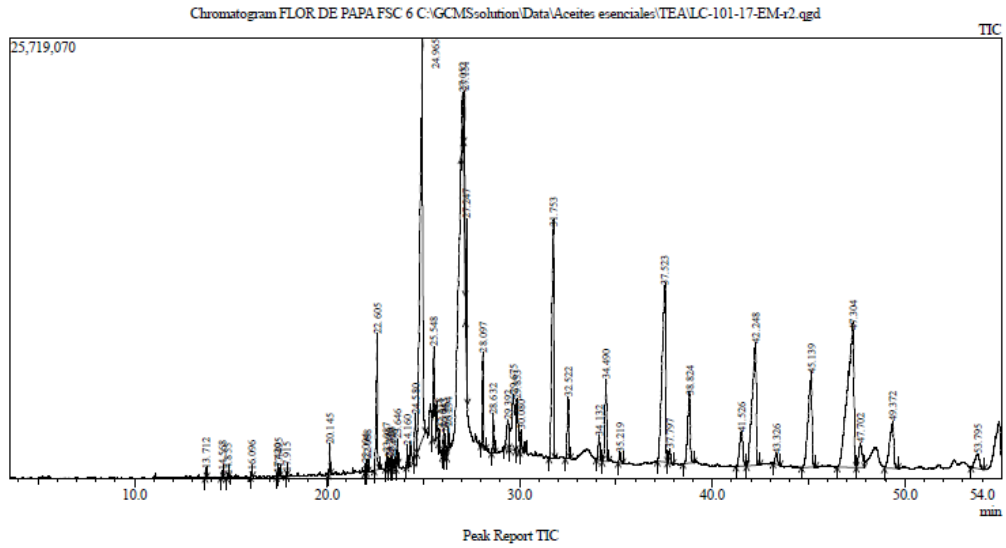
Anexo 2. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción FSC a 200 bar replica 1.



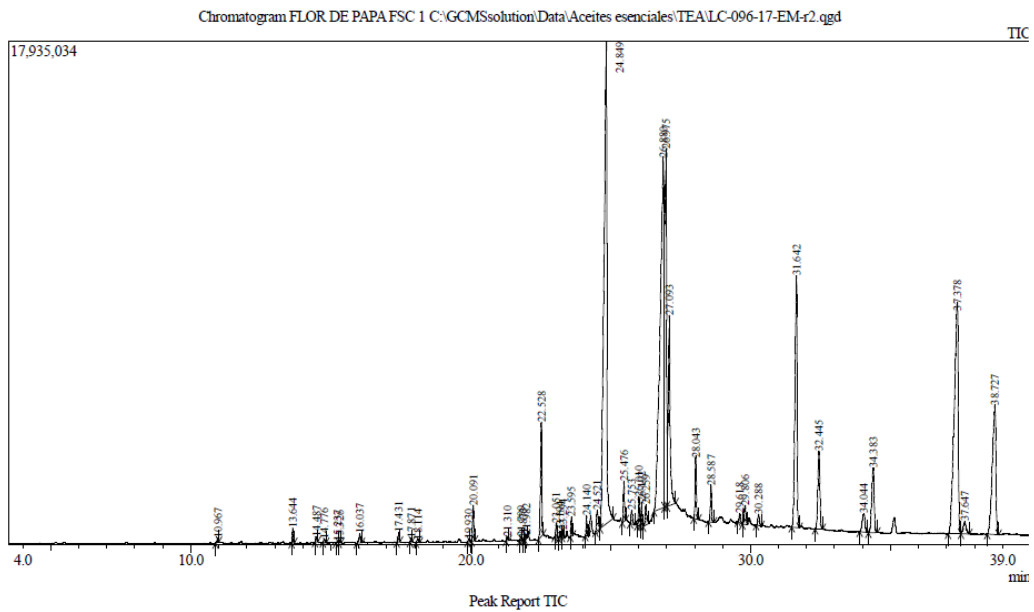
Anexo 3. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción FSC a 200 bar replica 2.



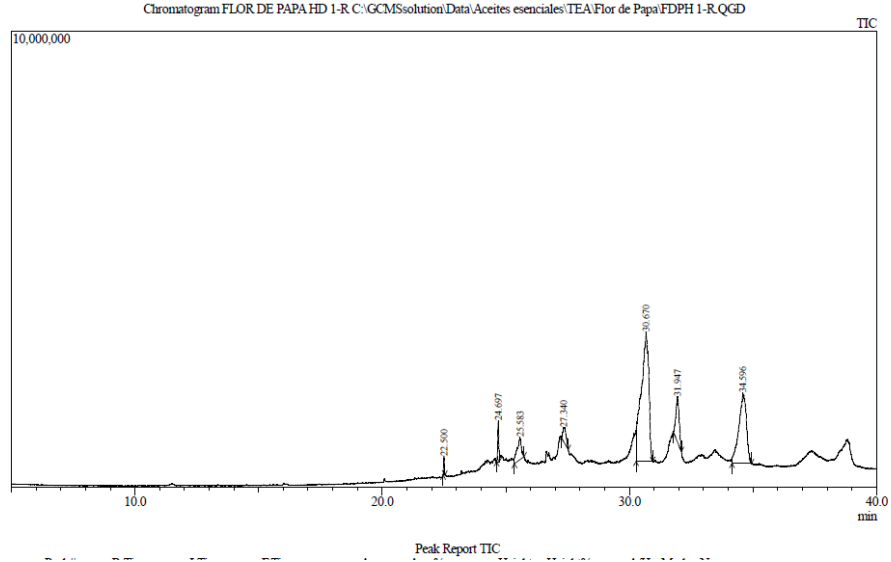
Anexo 4. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción FSC a 200 bar replica 3.



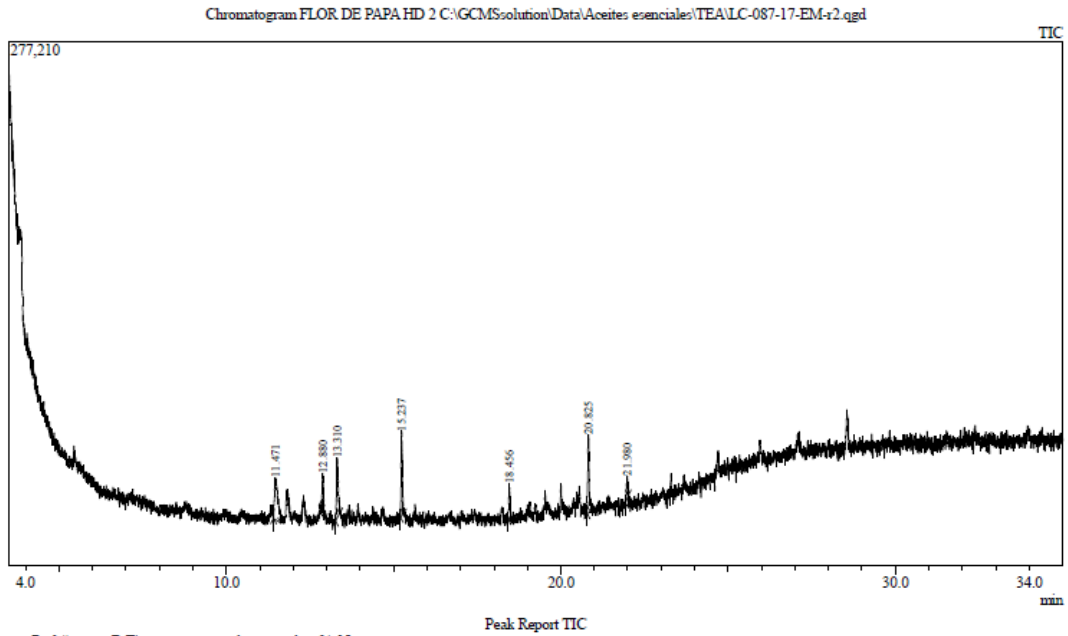
Anexo 5. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción FSC a 400 bar replica 1.



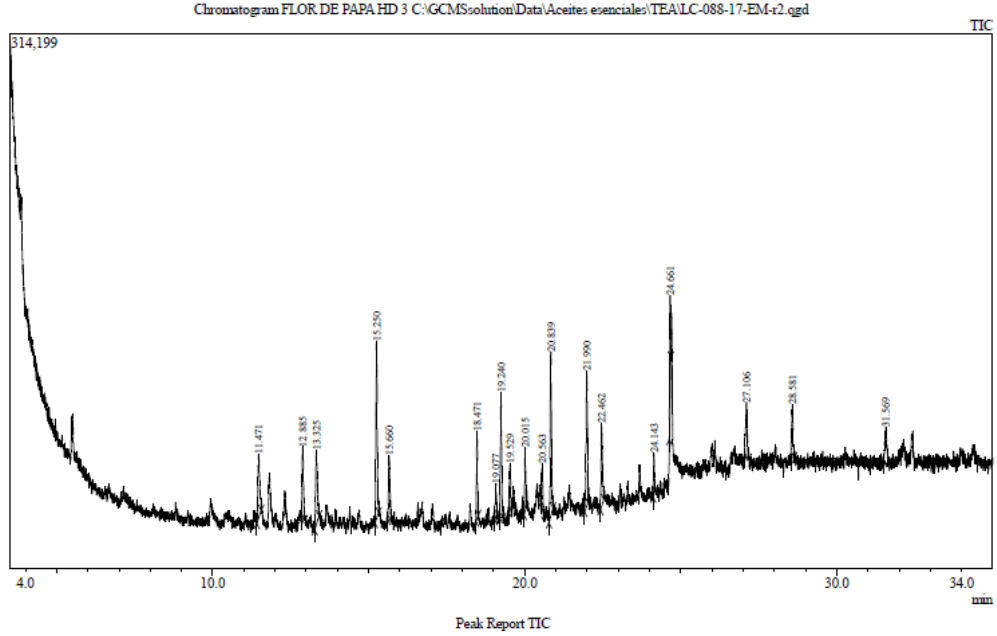
Anexo 6. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción FSC a 400 bar replica 2.



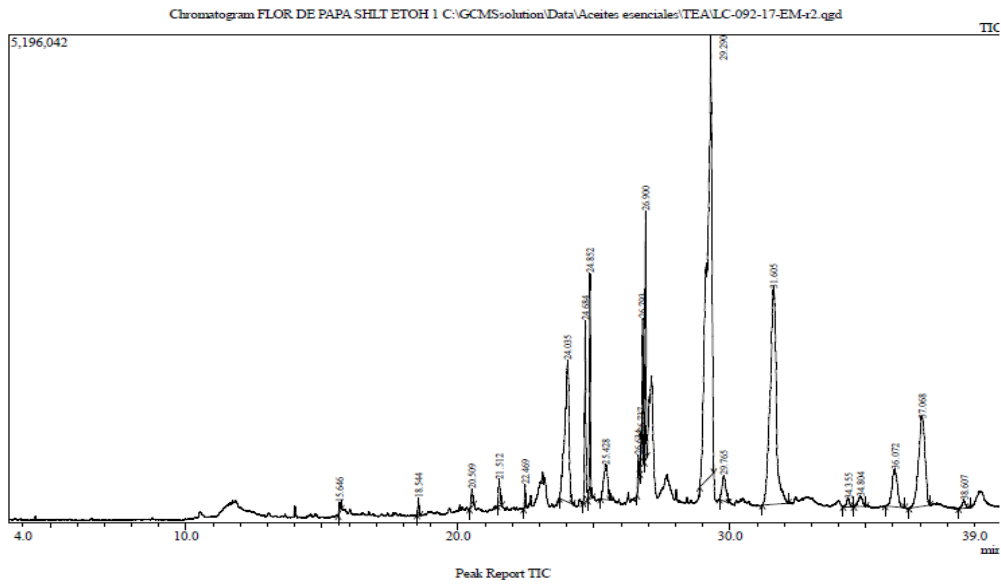
Anexo 9. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción hidrodestilación replica 2.



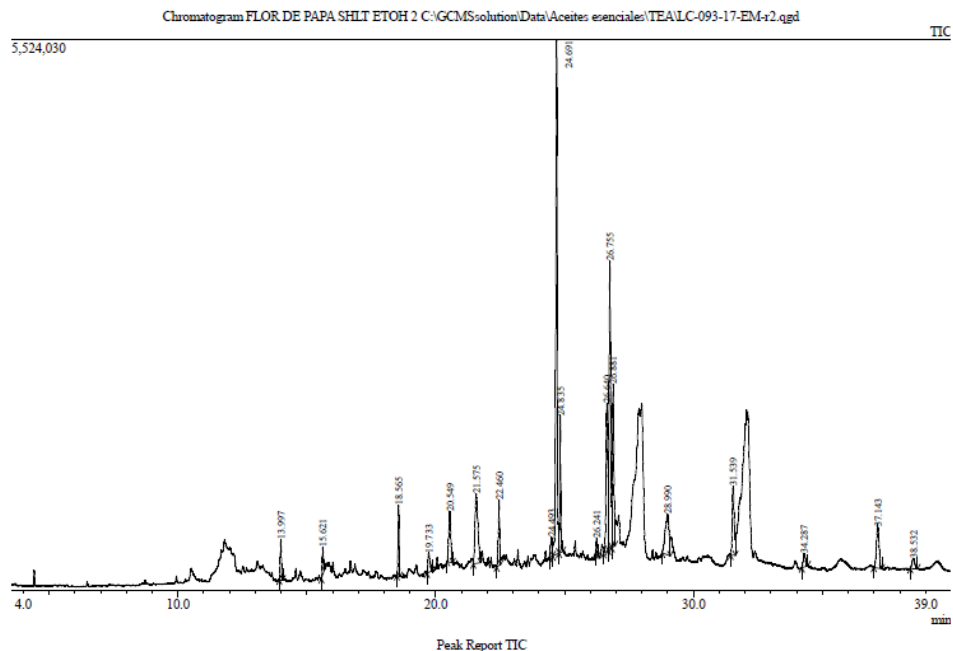
Anexo 10. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción hidrodestilación replica 3.



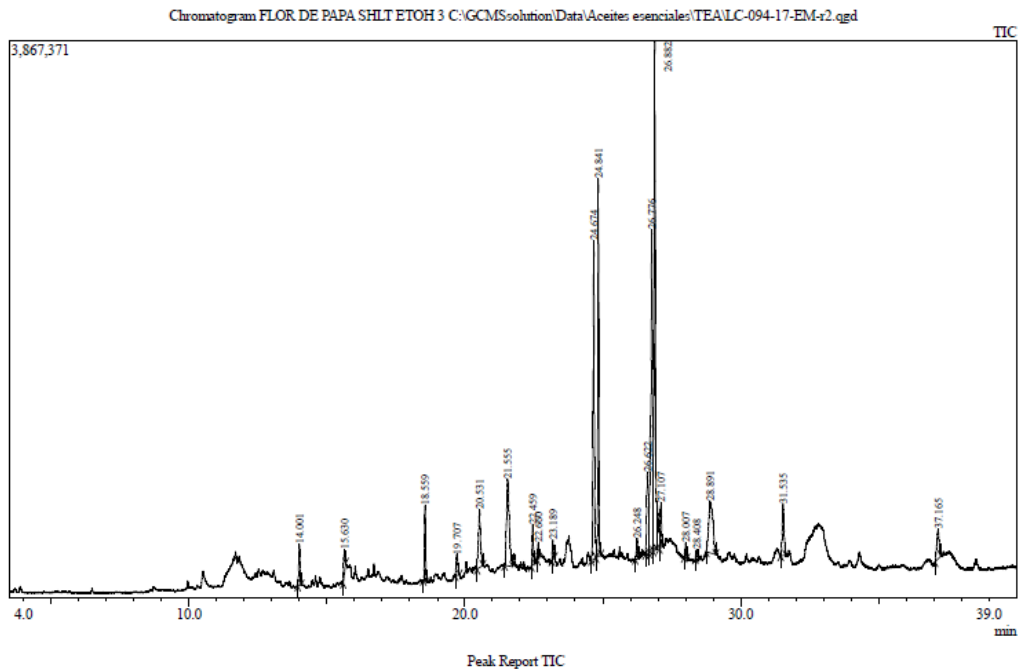
Anexo 11. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet etanol replica 1.



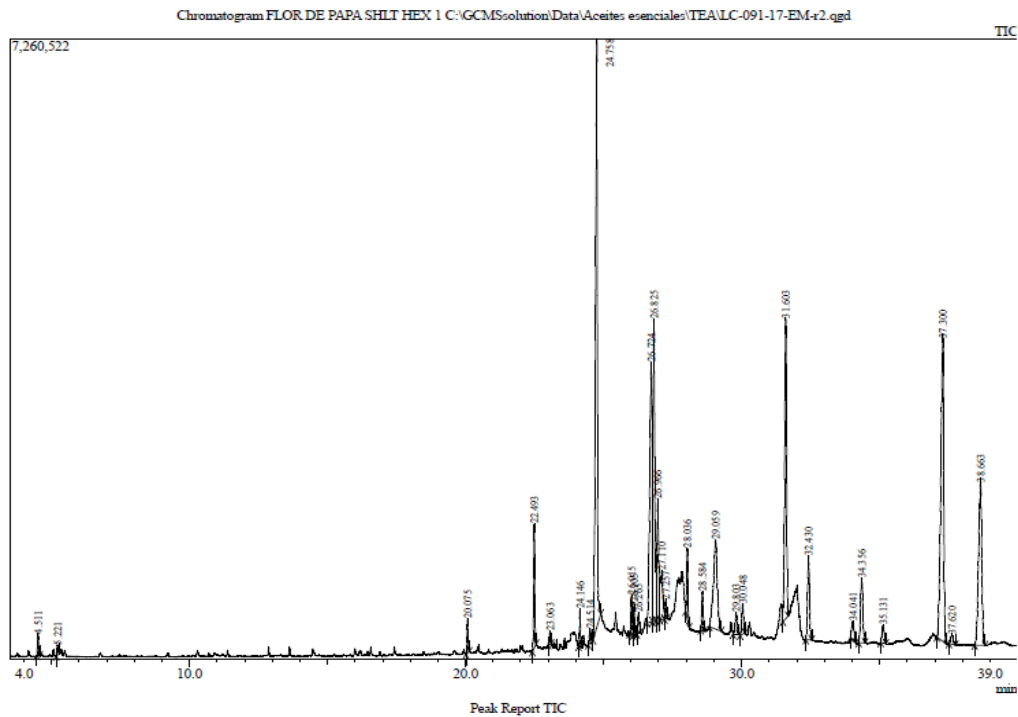
Anexo 12. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet etanol replica 2.



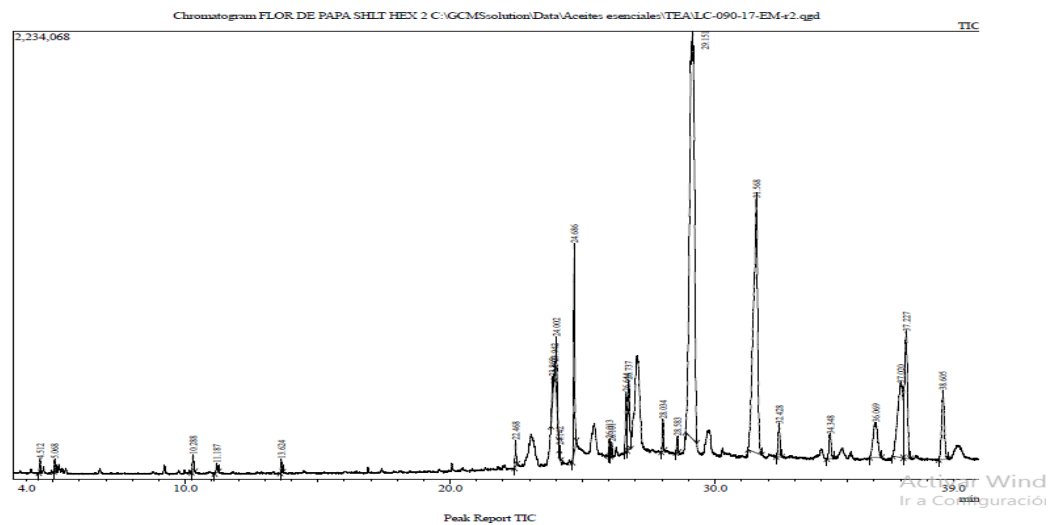
Anexo 13. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet etanol replica 3.



Anexo 14. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet hexano replica 1.



Anexo 15. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet hexano replica 2.



Anexo 16. Cronograma de iones totales (TIC's) obtenidos de la muestra de extracto de flor de papa por cromatografía de gases-espectrometría de masas GC-MS método de extracción soxhlet hexano replica 3

