

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 2914			
Título del proyecto: EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL FRUTO DE PAPAYA MEDIANTE LAS TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN Y ADSORCIÓN			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Escuela de Ingeniería de Alimentos			
Grupo (s) de investigación: GRUPO DE INVESTIGACIÓN INGENIERÍA DE PROCESOS AGROALIMENTARIOS Y BIOTECNOLÓGICOS (GIPAB)			
Entidades: Universidad del Valle			
Palabras claves: Papaya, Polifenoles, Flavonoides, Ultrasonido, adsorción.			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Aida Rodríguez de Stouvenel	10 horas/semana Total: 24 meses	10 horas/semana Total: 24 meses
Coinvestigadores	Vladimir Vallejo Castillo	40 horas/semana Total: 24 meses	40 horas/semana Total: 24 meses
Otros participantes			

2. Resumen ejecutivo:

Los compuestos bioactivos están presentes en diferentes cantidades en los vegetales, los cuales son de importancia en la salud humana, por sus reconocidos efectos antioxidantes. La papaya (*Carica papaya* L), posee diversidad de estos compuestos, los cuales están distribuidos en las diferentes partes del fruto. Sin embargo, la obtención de esos compuestos a partir de las diferentes

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

partes de la planta presenta varios desafíos, relacionados inicialmente con la extracción, la cual debe ser económica, rápida y con altos rendimientos, extractos que a continuación es necesario purificar y enriquecerlos o concentrarlos para que tengan una actividad antioxidante eficaz. Por lo que el objetivo general de esta investigación fue evaluar el desempeño de las tecnologías de extracción y purificación de polifenoles y flavonoides presentes en el epicarpio, pulpa y semilla del fruto de papaya. En la etapa de extracción se utilizó una tecnología de extracción asistida con ultrasonido, empleando agua como solvente y se realizó la adsorción con resinas poliméricas para purificar los compuestos bioactivos. En la extracción asistida con ultrasonido se evaluaron los factores relación sólido:solvente, temperatura, porcentaje de amplitud del ultrasonido, tipo de solvente y tamaño de partícula de las muestras, con el fin de maximizar la extracción de polifenoles, flavonoides y la actividad antioxidante del fruto de papaya. A continuación, con el extracto más promisorio, se realizó una adsorción por lotes, evaluando la capacidad de adsorción de polifenoles y flavonoides de cuatro resinas a diferentes temperaturas, así como también, el solvente empleado en la desorción por lotes. A partir de los datos de adsorción y desorción por lotes se encontró la resina con mayor afinidad a los compuestos fenólicos, con la cual se realizó la adsorción en columna de polifenoles y flavonoides. Con las columnas de adsorción de lecho fijo se evaluó la velocidad de flujo y tiempo total de adsorción. El estudio experimental incluyó el ecoproceso secuencial e integrado de las etapas de extracción con ultrasonido y la adsorción en las resinas.

Los resultados de la extracción asistida con ultrasonido permitieron establecer que la parte de la fruta de papaya con mayor porcentaje de actividad antioxidante, polifenoles y flavonoides fue el epicarpio, valores que fueron mayores a los reportados en literatura. También fue evidente un efecto positivo con la aplicación de ultrasonido, permitiendo obtener porcentajes de rendimiento de extracción mayores al 70% tanto para polifenoles y flavonoides extraídos de epicarpio. La resina XAD4 y mezclas etanol-agua al 60% presentaron los mayores porcentajes de adsorción y desorción de polifenoles y flavonoides, respectivamente. La integración de la extracción y adsorción continua permitió enriquecer 4 veces más el extracto inicial en la cantidad de polifenoles y flavonoides. De esta manera se consiguió obtener fracciones con alto contenido de compuestos bioactivos mediante un proceso ecoamigable con bajo consumo de tiempo y energía.

Abstract

Bioactive compounds are present in different amounts in plants, which are important in human health due to their antioxidant effects. The papaya (*Carica papaya* L), has a diversity of these compounds, which are distributed in different parts of the fruit. However, obtaining these compounds from plants has several challenges, initially related to extraction, which must be economical, fast and with high yield, then it is necessary to purify and enrich the extracts to achieve an effective antioxidant activity. Therefore, the main objective of this research was to evaluate the performance of the extraction and purification technologies of polyphenols and flavonoids present in the epicarp, pulp and seed of the papaya fruit. For which microwave and ultrasound-assisted extraction technology was used, using water as a solvent and adsorption were carried out with polymeric resins to purify the bioactive compounds. In microwave- assisted extraction, the following factors were evaluated: solid: solvent ratio, microwave power and solvent concentration. In ultrasound-assisted extraction, the following factors were evaluated: solid:solvent ratio, temperature, ultrasound amplitude, type of solvent and particle size of the sample, in order to maximize the extraction of polyphenols, flavonoids and antioxidant activity of the papaya fruit. Then, with the most promising extract, batch adsorption was performed, evaluating the adsorption capacity of polyphenols and flavonoids of four adsorption resins at different temperatures, as well as the solvent used in batch desorption. From the batch adsorption and desorption data, the resin with the highest affinity to the phenolic compounds was found, with which one the column adsorption of polyphenols and flavonoids was carried out. With fixed bed adsorption, the flow velocity and total adsorption time were evaluated. The experimental study includes the sequential and integrated ecoprocess of the ultrasound-assisted extraction and the adsorption in the column.

The results of the ultrasound-assisted extraction, allowed to establish that the epicarp is the part of the papaya fruit with the highest percentage of antioxidant activity, polyphenols, and flavonoids, values that were higher than those reported in the literature. A positive effect was also evident with the application of ultrasound, with percentages of extraction yield greater than 70% for polyphenols and flavonoids extracted from the epicarp. The XAD4 resin and 60% ethanol-water mixtures showed the highest percentages of adsorption and desorption of polyphenols and flavonoids, respectively. The integration of the extraction and continuous adsorption allowed enriching 4 times the initial extract for polyphenols and flavonoids. In this way, it was possible to obtain fractions with

a high content of bioactive compounds through an eco-friendly process with low consumption of time and energy.

3. Síntesis del proyecto:

3.1. Tema

Extracción y purificación de compuestos bioactivos de fuentes vegetales.

3.2. Objetivo General

Establecer los parámetros del proceso de extracción y adsorción de compuestos bioactivos presentes en papaya (*Carica papaya* L.).

3.2.1. Objetivos Específicos

- Especificar los parámetros del proceso de extracción asistida con ultrasonido de compuestos bioactivos presentes en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.).
- Determinar la capacidad antioxidante de los polifenoles y flavonoides extraídos de la pulpa y el epicarpio de la papaya (*Carica papaya* L.).
- Establecer los parámetros cinéticos del proceso de adsorción por lotes de compuestos bioactivos extraídos del fruto de papaya (*Carica papaya* L.).
- Establecer los parámetros cinéticos del proceso de adsorción en continuo en columna de lecho fijo de compuestos bioactivos extraídos del fruto de papaya (*Carica papaya* L.).

3.3. Metodología

El desarrollo experimental se llevó a cabo en dos fases, inicialmente se desarrolló la extracción asistida con ultrasonido (UAE) y la extracción asistida con microondas, del contenido total de polifenoles (TPC) y flavonoides (TFC), y se estableció la actividad antioxidante (% AA) en las diferentes partes del fruto de papaya (*Carica papaya* L.). Para evaluar la capacidad antioxidante se utilizó el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) el cual consiste en utilizar dicha molécula, la cual es un radical libre estable que al mezclarse con una sustancia que le dona un átomo de hidrógeno pasa a su forma reducida, proceso que se puede observar y cuantificar ya que cuando la molécula se encuentra como radical es coloreada (violeta) y al reducirse pierde su color. Para la determinación de fenoles totales se utilizó el método desarrollado por Folin-Ciocalteu fundamentado en el carácter reductor de los polifenoles. En la segunda fase, a partir de los resultados de la extracción se establecieron los parámetros de operación para realizar procesos de adsorción por lotes y en continuo para la recuperación de los compuestos bioactivos extraídos del

fruto de papaya.

3.3.1. Extracción asistida con ultrasonido (UAE) y con microondas (MAE) de compuestos bioactivos presentes en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.).

En las extracciones se empleó papaya variedad maradol proveniente de un cultivo en el municipio de La Unión (V), se seleccionó para obtener un grupo homogéneo de acuerdo a los criterios para la fruta de segunda (2ª) calidad establecidos por la Norma Técnica Colombiana-NTC 1270 [1]. Se empleó cuatro partes del fruto, epicarpio, pulpa, semillas, y epicarpio-pulpa. Todas las partes en forma individual fueron sometidas a un proceso de liofilización con las condiciones de -70°C por 24 h para la congelación y posterior sublimación a -40°C y 0,05 mBar (EYELA, FDU-1200, Japan), hasta alcanzar una humedad constante. Las muestras fueron sometidas a reducción de tamaño mediante un molino de laboratorio (IKA A11 basic, Germany) y con una tamizadora (Ro-Tap, WS Tyler) se ajustó el tamaño de partícula [2]–[4]. Para cada metodología de extracción se llevó a cabo una cinética de extracción de compuestos bioactivos. Los ensayos experimentales de cinéticas de MAE se realizó la extracción con una relación sólido-solvente de 1:60, etanol al 50% (v/v) y potencia de 260 W (20% de la potencia máxima) y con un volumen de solvente constante de 40 mL. Se tomaron muestras cada 36 segundos durante 3 minutos. El extracto se separó de los sólidos mediante centrifugación (SIGMA Laborzentrifugen) a 10000 g durante 15 minutos.

Para los experimentos se realizó un diseño central compuesto 2^2 +estrella para analizar el efecto de la potencia y porcentaje de etanol en el contenido total de polifenoles y flavonoides (Tabla 1), los cuales se seleccionaron como resultado de las pruebas preliminares. Como tratamiento de control se realizó una extracción convencional. De acuerdo al diseño experimental se realizaron 11 corridas experimentales en total y la determinación de cada variable de respuesta se realizó por triplicado.

Tabla 1. Matriz del diseño experimental para la optimización de la MAE de polifenoles y flavonoides totales a partir de pulpa y epicarpio.

Factores	Niveles		
	-	0	+
Potencia (W)	130	260	390
% Etanol-agua	10	20	30
Relación sólido-líquido (g/mL)	1:80		

Los ensayos experimentales de cinéticas de UAE se llevaron a cabo por 2 horas, empleando un equipo generador de ultrasonidos tipo sonda con una frecuencia de 20 kHz y una potencia de 500 W. La UAE se llevó a cabo a una temperatura controlada de 40°C, para ello se empleó un erlenmeyer enchaquetado adaptado a un sistema de enfriamiento (Figura 1a). Acorde a los resultados de las cinéticas de extracción de todas las partes de la fruta se seleccionó la parte del fruto de papaya más promisoría, es decir aquella que presentó mayor contenido total de polifenoles (TPC) y contenido total de flavonoides (TFC), así como mayor porcentaje de actividad antioxidante (% AA).

Con la parte del fruto de papaya más promisoría, se realizó la optimización de UAE para lo cual se planteó un diseño central compuesto de superficie de respuesta con tres réplicas del punto central y seis puntos axiales (Tabla 2). Los resultados de diseño de superficie de respuesta se analizaron con el paquete estadístico Statgraphics 16.1.11 (StatPoint Technologies, Inc., 2009).

a)



b)



Figura 1. Montaje experimental: a) extracción asistida con ultrasonido, y b) proceso de adsorción continuo.

Tabla 2. Matriz del diseño experimental para la optimización de la UAE de polifenoles y flavonoides totales a partir de epicarpio.

Factor	Niveles		
	-1	0	+1
(A) Mezcla etanol-agua (%)	15	30	45
(B) Temperatura (°C)	42	52	62
(C) Amplitud (%)	70	80	90

3.3.2. Purificación mediante adsorción por lotes y continua en columna de lecho fijo de compuestos bioactivos extraídos del fruto de papaya.

3.3.2.1. Adsorción y desorción por lotes.

Se utilizaron cuatro resinas de adsorción, XAD7HP, XAD4, XAD16N, y XAD1180N, con las cuales se llevaron a cabo los ensayos de adsorción con concentraciones establecidas de polifenoles y flavonoides del extracto de papaya. Al finalizar cada adsorción se usó emplearon diferentes concentraciones (%) de etanol:agua, con el fin de evaluar su eficiencia para la desorción de polifenoles y flavonoides totales. La adsorción y desorción se llevaron a cabo durante 24 h a una temperatura constante de 30 °C [5], [6].

3.3.2.1.1. Equilibrio de adsorción de polifenoles y flavonoides totales. Se evaluó la influencia de la concentración inicial de polifenoles y flavonoides totales en el proceso de adsorción de cada resina. A partir de los resultados se determinó la capacidad máxima de adsorción (q_m) y los equilibrios de adsorción los cuales se describieron mediante los modelos de Langmuir, Freundlich, y Redlich–Peterson. Para los siguientes ensayos de adsorción por lotes y en flujo continuo, se seleccionó la resina con el mayor porcentaje de adsorción, desorción y con la mayor q_m de polifenoles y flavonoides totales.

3.3.2.1.2. Determinación de la cinética de adsorción. La cinética de adsorción de polifenoles y flavonoides totales se realizó durante 24 h a temperatura constante. Posteriormente, se utilizaron los modelos de pseudo primer orden, pseudo segundo orden, de difusión intraparticular, con el fin de determinar el modelo que mejor se ajustara a los resultados experimentales [7], [8].

3.3.2.1.3. Determinación de los parámetros termodinámicos de adsorción. A partir de los ensayos de adsorción a diferentes temperaturas, se determinaron los parámetros termodinámicos Energía Libre de Gibbs (ΔG°), entropía (ΔS°), entalpía (ΔH°) y energía de activación (E_a) [9], [10].

3.3.2.2. Adsorción y desorción en flujo continuo.

Se realizó la adsorción en una columna empacada de vidrio con las siguientes condiciones 30,5 cm de alto y 1,1 cm de diámetro la cual se empacó con la resina con una altura de lecho fijo de 28 cm [11], [12]. Inicialmente, se determinó la curva de ruptura para lo cual se utilizó extracto de epicarpio de papaya libre de etanol con una concentración estandarizada de polifenoles y flavonoides totales, el cual se hizo pasar a través de la columna de vidrio con una bomba peristáltica (Figura 1b). Se empleó el flujo mínimo recomendado por las especificaciones del fabricante para la resina seleccionada. Finalmente, cuando la concentración de polifenoles totales en la salida de la columna fue la misma que en el flujo de entrada, entonces se finalizó este ensayo. Con los resultados se determinó el tiempo de ruptura (t_r), el tiempo de saturación (t_s), la capacidad de adsorción en el punto de ruptura (q_r) de polifenoles y flavonoides totales.

3.3.2.2.1. Proceso de adsorción continuo de polifenoles y flavonoides totales. Inicialmente, se llevó a cabo una UAE de epicarpio en las condiciones óptimas para la relación sólido-solvente, tamaño de partícula (mm) y % de amplitud de ultrasonido. Se empleó una temperatura de 30°C, como solvente de extracción se utilizó agua pura, teniendo en cuenta que el etanol, al mismo tiempo que extrae los compuestos, sirve como agente para la desorción en la columna empacada. A continuación, el extracto proveniente de la UAE descrita anteriormente, se lo hizo circular en un ciclo cerrado a través de la columna (Figura 2). Al final de la etapa de adsorción, la columna se desorbió a una velocidad de flujo constante con una concentración de etanol establecida en la desorción por lotes, y se recolectaron 10 fracciones de 10 mL cada una durante todo este proceso [13], [14]. Se evaluaron como variables de respuesta después de la elución el TPC y TFC. El análisis del diseño experimental se realizó mediante el software estadístico Statgraphics 16.1.11 (StatPoint Technologies, Inc., 2009).

3.4. Resultados y discusión

3.4.1. Extracción asistida con ultrasonido (UAE) de compuestos bioactivos presentes en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.).

Las cinéticas de extracción permitieron establecer que la concentración más alta de compuestos bioactivos entre todas las partes del fruto de papaya se obtuvo a partir del epicarpio. Con la UAE se alcanzó mayor concentración de polifenoles y flavonoides en comparación con la MAE, lo cual se puede deber a una mayor potencia de ultrasonido en comparación con la empleada con las

microondas. Los resultados obtenidos con el epicarpio se pueden deber, a que la parte externa del fruto de papaya tiene diversas funciones fisiológicas relacionadas con el crecimiento y de respuesta al estrés medioambiental. Por lo tanto, para cumplir con estas funciones el fruto necesita mayor cantidad de metabolitos secundarios en su epicarpio que en las otras partes del fruto, y entre los principales metabolitos secundarios presentes en el fruto de papaya se encuentran los polifenoles y flavonoides [15]–[18]. Los resultados de la actividad antioxidante de los extractos de epicarpio permitieron establecer que el TPC es el principal responsable de la actividad antioxidante, debido a que se evidenció una alta correlación entre estas dos variables. Adicionalmente, la única parte del fruto de papaya que alcanzó un porcentaje de actividad antioxidante mayor al 50% fue el extracto de epicarpio. Por lo tanto, a partir de éste extracto se obtuvo la concentración efectiva (EC50) que correspondió a 650,13 mgGAE/100g FW, y en términos de mg GAE/L corresponde a 220,80. Resultados similares para EC50 con valores cercanos a 200 mg GAE/L fueron reportados por Galvan D'Alessandro et al., (2012) [4] en la extracción asistida con ultrasonido de *Aronia melanocarpa*.

Finalmente, de acuerdo con los resultados de las cinéticas de extracción con todas las partes de la fruta, los ensayos de optimización de UAE se llevaron a cabo solamente con la parte del fruto de papaya más promisorio, es decir, el epicarpio, y con un tiempo total de extracción de 60 minutos con el fin de garantizar la extracción máxima de los polifenoles y flavonoides.

Teniendo en cuenta la metodología de optimización de respuestas múltiples se encontró una condición óptima que maximiza la extracción de TPC y TPC de epicarpio en, 12,32 % para la mezcla de etanol-agua, a temperatura de 63,43°C y 87,65 % el porcentaje de amplitud. Con estas condiciones óptimas para cada factor se realizó la validación experimental resultando en porcentajes de error menores al 6% en relación con los valores predichos para la extracción de TPC y TPC de epicarpio, lo cual indica que la optimización fue adecuada. Con los resultados de extracción en condiciones óptimas se recuperó más del 75% del contenido de polifenoles y flavonoides de la muestra original en menos de 60 minutos (la extracción convencional requiere de 4 horas), lo que conlleva a la reducción significativa del tiempo de extracción, así como la disminución del gasto energético y consumo de solvente. Adicionalmente, se obtuvo un incremento mayor al 55% en la concentración de polifenoles y flavonoides totales en comparación de la extracción sin ultrasonido. En el caso de la actividad antioxidante se logró incrementos mayores a 35%.

3.4.2. Adsorción y desorción por lotes de compuestos bioactivos extraídos del fruto de papaya.

La resina XAD4 presentó el mayor porcentaje de adsorción de TPC y TFC entre todas las resinas, lo cual se puede deber, a la alta afinidad química de esta resina con estos compuestos bioactivos [19]. Los ensayos de desorción permitieron definir que con un porcentaje de 60% de etanol:agua se recupera más del 80 % de TPC y TFC para la resina XAD4, por lo tanto, para los siguientes ensayos de desorción se empleó esta concentración de etanol:agua. En cuanto a la capacidad máxima de adsorción para polifenoles y flavonoides totales fue más alta para la resina XAD4, lo cual se puede deber a que esta resina tiene el menor diámetro de poro entre las resinas evaluadas, por lo tanto, un diámetro de poro menor podría hacer que los compuestos adsorbidos se acoplen adecuadamente en la superficie interna del adsorbente, por el contrario un tamaño de poro demasiado grande podría hacer que se desperdicie parte de la superficie interna del adsorbente, y las moléculas inicialmente se adsorbieran, propensas a la desorción al mismo tiempo [20], [21]. La resina que presentó el valor más alto en cuanto a las variables, porcentaje de adsorción, desorción, capacidad máxima de adsorción (q_m) para TPC y TFC, fue la resina XAD4. Por lo tanto, los siguientes ensayos de adsorción por lotes y en flujo continuo se llevaron a cabo con esta resina.

Dentro de los modelos cinéticos evaluados, el modelo de pseudo segundo orden presentó el mayor ajuste con valores experimentales, con un coeficiente de determinación (R^2) cercano a 1. El alto ajuste de este modelo se puede deber a que este predice el comportamiento de la adsorción en todo el rango experimental, en comparación con el modelo de pseudo primer orden el cual es adecuado para predecir la fase inicial de la adsorción [22]–[24].

A partir de la estimación de los parámetros termodinámicos de adsorción se encontró valores negativos de ΔS° , lo cual sugiere que la organización del adsorbato (polifenoles y flavonoides) en la interfaz sólido/solución no es aleatoria, por el contrario se ubican en sitios activos específicos para cada adsorbato. Los valores de E_a fueron menores a 40 kJ/mol, lo que implica que la adsorción de polifenoles y flavonoides totales sobre la superficie de la resina fue controlada por mecanismos físicos (fisisorción) [23], [25]. Los valores negativos de ΔG° indican que el proceso de adsorción es espontáneo y su incremento con temperaturas más altas indica un proceso exotérmico, tanto para la adsorción de polifenoles como de flavonoides, lo cual está en

concordancia con los valores negativos de ΔH° [26], [27].

3.4.3. Adsorción en flujo continuo de compuestos bioactivos extraídos del fruto de papaya.

De acuerdo con las curvas de ruptura se estableció que a partir de los 240 minutos de adsorción continua la concentración de polifenoles y flavonoides en la salida de la columna es la misma que la concentración inicial, lo cual indica que la resina se encuentra saturada (t_s). Experimentalmente, el tiempo en el cual el TPC y TFC en la salida de la columna llegó al 10% de la concentración inicial fue de 10 minutos (t_r). La aplicación de la adsorción en flujo continuo incrementó en 3,7 veces la capacidad de adsorción de polifenoles totales en comparación con la adsorción por lotes, y para los flavonoides totales ese incremento fue de 1,32 veces, es importante señalar que la mayor adsorción de los compuestos evaluados se alcanzó en un tiempo considerablemente menor que el empleado en la adsorción por lotes, similares resultados reportados por Dávila-Guzman et al., (2012), (2016) [28], [29], al adsorber ácido ferúlico en una resina polimerica no polar. La mayor adsorción en flujo continuo se puede deber principalmente a que se utilizó una concentración inicial de polifenoles y flavonoides totales constante, lo cual garantiza una alta fuerza impulsora de concentración entre el líquido y la superficie del adsorbente durante casi todo el proceso de adsorción hasta que se ocupen todos los sitios activos. Caso contrario a lo que sucede en la adsorción por lotes, en donde la concentración inicial de los adsorbatos disminuye a medida que avanza el proceso de adsorción [30]–[32].

En el proceso de adsorción en flujo continuo de polifenoles y flavonoides totales, la corrida experimental tres presentó la mayor cantidad de polifenoles y flavonoides totales después de la elución con diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre todas las corridas experimentales. En esta corrida experimental, al emplear el mayor flujo para la fase líquida garantizó una mayor cantidad de ciclos de adsorción, logrando de esta manera mayor tiempo de contacto entre la resina y los adsorbatos. Después de finalizada la etapa de adsorción, se realizó una desorción de los polifenoles y flavonoides presentes en la resina empleando etanol al 60% a un flujo constante de 2 mL/min. Los perfiles de elución presentaron una mayor recuperación de TPC y TFC en las fracciones 2 y 3. Con la fracción de 50 mL (fracción acumulada 1 a 5) se logró recuperar alrededor de 3,3 veces más TPC en relación con el extracto acuoso inicial, y para los TFC se recuperó 2,4 veces más. Por lo tanto, si se selecciona un volumen de fracción adecuado, el enriquecimiento en polifenoles y flavonoides será mayor.

3.4.4. Determinación de los compuestos fenólicos en el extracto de epicarpio de papaya mediante HPLC

A través del análisis de HPLC mediante la comparación del tiempo de retención y los espectros UV con los estándares correspondientes, fue posible determinar en el extracto de epicarpio en condiciones óptimas de extracción asistida con ultrasonido, dos compuestos fenólicos bioactivos, ácido *trans*-ferúlico y rutina en una concentración de $13,96 \pm 0,40$ y $34,78 \pm 0,42$ mg/100gFW, respectivamente. Rivera-Pastrana et al., (2010) y Gayosso-García Sancho et al., (2011) [17], [18] informaron en el epicarpio de papaya tropical una concentración para el ácido ferúlico en 121,4 mg/100g FW y una concentración para la rutina en 10,4 mg/100g FW. Probablemente, como se mencionó anteriormente, las diferencias con los resultados obtenidos en esta investigación se deban entre otros factores, a la variedad de papaya tropical empleada, al estado de madurez de la fruta ya que como se indica en el numeral anterior, la mayor concentración de polifenoles se encuentra en la pulpa y en papayas de grado 3 de maduración y esta determinación se realizó durante la pasantía en Chile del estudiante Vallejo, a donde llevó sólo extracto de epicarpio por las restricciones impuestas en el laboratorio de acogida para el transporte de estas muestras. Estos valores bajos también son debidos la metodología de extracción por lotes utilizada para la preparación de las muestras, la cual es menos intensa en comparación con metodologías convencionales (solvente orgánico, pH ácido, temperatura).

3.5. Conclusiones

- La aplicación de ultrasonido en la extracción de polifenoles y flavonoides del fruto de papaya permitió establecer que el epicarpio es la parte del fruto con mayor concentración de compuestos bioactivos y actividad antioxidante. Logrando un rendimiento de extracción mayor al 75%, lo cual conlleva a reducir el tiempo y energía empleados en comparación con la extracción convencional.
- Los factores que presentaron mayor influencia en la extracción asistida con ultrasonido fueron la temperatura, el porcentaje de la mezcla etanol-agua y la intensidad del ultrasonido. A partir de su optimización se consiguió un porcentaje de incremento mayor al 55% en el contenido de

polifenoles en comparación a una extracción sin ultrasonido.

- Al evaluar el efecto de la potencia de irradiación de la microonda y el porcentaje de etanol para la obtención de compuestos fenólicos, se encontró que estos factores influyeron significativamente. La extracción de polifenoles se vio favorecida por la alta potencia y un alto porcentaje de etanol.
- La extracción de flavonoides fue mayor empleando baja potencia de irradiación y bajo porcentaje de etanol. Mientras que, la relación sólido-líquido no tuvo una influencia significativa en la obtención de dichos compuestos.
- Los estudios de adsorción y desorción del extracto de epicarpio en diferentes condiciones mostraron que la resina XAD4, presentó mayor afinidad con los compuestos polifenoles y flavonoides entre todas las resinas evaluadas y se estableció que la adsorción de estos compuestos bioactivos es un proceso exotérmico en el que predomina la fisisorción.
- Con el proceso de adsorción y desorción en lecho fijo se estableció que, valores altos de velocidades de flujo y tiempo incrementan 3,7 veces la adsorción de polifenoles en comparación con la adsorción y desorción por lotes.
- El proceso ecológico de extracción y adsorción permite la extracción y enriquecimiento simultáneo de extractos con polifenoles y flavonoides. Este proceso recupera selectivamente los compuestos bioactivos de subproductos, utilizando solventes de grado alimentario. De esta manera, se pueden obtener productos de alta calidad en un proceso simple con un bajo consumo de tiempo y energía.

3.6. Referencias

- [1] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, "Norma Técnica Colombiana. NTC 1270:Primera Actualización," 1993.
- [2] A. Maisarah, B. Nurul Amira, R. Asmah, and O. Fauziah, "Antioxidant analysis of different parts of *Carica papaya*," *Int. Food Res. J.*, vol. 20, no. 3, pp. 1043–1048, 2013.

- [3] E. Uribe, A. Delgadillo, C. Giovagnoli-Vicuña, I. Quispe-Fuentes, and L. Zura-Bravo, "Extraction techniques for bioactive compounds and antioxidant capacity determination of chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) fruit," *J. Chem.*, vol. 2015, pp. 1–9, 2015.
- [4] L. Galvan D'Alessandro, K. Kriaa, I. Nikov, and K. Dimitrov, "Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 93, pp. 42–47, 2012.
- [5] J. Kammerer, R. Carle, and D. R. Kammerer, "Adsorption and Ion Exchange: Basic Principles and Their Application in Food Processing," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 59, no. 1, pp. 22–42, 2011.
- [6] W. Liu, S. Zhang, Y. G. Zu, Y. J. Fu, W. Ma, D. Y. Zhang, Y. Kong, and X. J. Li, "Preliminary enrichment and separation of genistein and apigenin from extracts of pigeon pea roots by macroporous resins," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 12, pp. 4667–4675, 2010.
- [7] Z. P. Gao, Z. F. Yu, T. L. Yue, and S. Y. Quek, "Adsorption isotherm, thermodynamics and kinetics studies of polyphenols separation from kiwifruit juice using adsorbent resin," *J. Food Eng.*, vol. 116, no. 1, pp. 195–201, 2013.
- [8] D. Doulia, C. Leodopoulos, K. Gimouhopoulos, and F. Rigas, "Adsorption of humic acid on acid-activated Greek bentonite," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 340, pp. 131–141, 2009.
- [9] M. Hasan, a. L. Ahmad, and B. H. Hameed, "Adsorption of reactive dye onto cross-linked chitosan/oil palm ash composite beads," *Chem. Eng. J.*, vol. 136, pp. 164–172, 2008.
- [10] I. A. W. Tan, A. L. Ahmad, and B. H. Hameed, "Adsorption isotherms, kinetics, thermodynamics and desorption studies of 2,4,6-trichlorophenol on oil palm empty fruit bunch-based activated carbon," *J. Hazard. Mater.*, vol. 164, no. 2–3, pp. 473–482, 2009.
- [11] L. Galván D'Alessandro, P. Vauchel, R. Przybylski, G. Chataigné, I. Nikov, and K. Dimitrov, "Integrated process extraction-adsorption for selective recovery of antioxidant phenolics from *Aronia melanocarpa* berries," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 120, pp. 92–101, Dec. 2013.
- [12] L. Sun, Y. Guo, C. Fu, J. Li, and Z. Li, "Simultaneous separation and purification of total polyphenols, chlorogenic acid and phlorizin from thinned young apples," *Food Chem.*, vol. 136, no. 2, pp. 1022–1029, 2013.
- [13] I. A. Aguayo-Villarreal, L. A. Ramírez-Montoya, V. Hernández-Montoya, A. Bonilla-Petriciolet, M. A. Montes-Morán, and E. M. Ramírez-López, "Sorption mechanism of anionic dyes on pecan nut shells (*Carya illinoensis*) using batch and continuous systems," *Ind. Crops Prod.*, vol. 48, pp. 89–97, 2013.

- [14] B. Salamatinia, A. H. Kamaruddin, and A. Z. Abdullah, "Modeling of the continuous copper and zinc removal by sorption onto sodium hydroxide-modified oil palm frond in a fixed-bed column," *Chem. Eng. J.*, vol. 145, no. 2, pp. 259–266, 2008.
- [15] Y. Matsusaka and J. Kawabata, "Evaluation of Antioxidant Capacity of Non-Edible Parts of Some Selected Tropical Fruits," *Food Sci. Technol. Res.*, vol. 16, no. 5, pp. 467–472, 2010.
- [16] A. Mustafa and C. Turner, "Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review," *Anal. Chim. Acta*, vol. 703, no. 1, pp. 8–18, 2011.
- [17] L. E. Gayosso-García Sancho, E. M. Yahia, and G. A. González-Aguilar, "Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI," *Food Res. Int.*, vol. 44, no. 5, pp. 1284–1291, 2011.
- [18] D. M. Rivera-Pastrana, E. M. Yahia, and G. a. González-Aguilar, "Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 90, no. 14, pp. 2358–2365, 2010.
- [19] Z. Hui, W. Jun, J. Jing, L. Ji, L. Xiuquan, and L. Dingqiang, "Enrichment and purification of total chlorogenic acids from tobacco waste extract with macroporous resins," *Sep. Sci. Technol.*, vol. 45, no. 6, pp. 794–800, 2010.
- [20] M. A. Abdullah, L. Chiang, and M. Nadeem, "Comparative evaluation of adsorption kinetics and isotherms of a natural product removal by Amberlite polymeric adsorbents," *Chem. Eng. J.*, vol. 146, no. 3, pp. 370–376, 2009.
- [21] J. Bretag, D. R. Kammerer, U. Jensen, and R. Carle, "Evaluation of the adsorption behavior of flavonoids and phenolic acids onto a food-grade resin using a D-optimal design," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 228, no. 6, pp. 985–999, 2009.
- [22] C. Jampani, A. Naik, and K. S. M. S. Raghavarao, "Purification of anthocyanins from jamun (*Syzygium cumini* L.) employing adsorption," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 125, pp. 170–178, 2014.
- [23] L. Lin, H. Zhao, Y. Dong, B. Yang, and M. Zhao, "Macroporous resin purification behavior of phenolics and rosmarinic acid from *Rabdosia serra* (MAXIM.) HARA leaf," *Food Chem.*, vol. 130, pp. 417–424, 2012.
- [24] X. L. Chang, D. Wang, B. Y. Chen, Y. M. Feng, S. H. Wen, and P. Y. Zhan, "Adsorption and desorption properties of macroporous resins for anthocyanins from the calyx extract of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 60, no. 9, pp. 2368–2376, 2012.

- [25] V. J. Inglezakis and S. G. Pouloupoulos, *Adsorption, Ion Exchange and Catalysis*. Amsterdam: Elsevier Science, 2006.
- [26] R. I. Yousef, B. El-Eswed, and A. H. Al-Muhtaseb, "Adsorption characteristics of natural zeolites as solid adsorbents for phenol removal from aqueous solutions: Kinetics, mechanism, and thermodynamics studies," *Chem. Eng. J.*, vol. 171, no. 3, pp. 1143–1149, 2011.
- [27] S. Vasiliu, I. Bunia, S. Racovita, and V. Neagu, "Adsorption of cefotaxime sodium salt on polymer coated ion exchange resin microparticles: Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies," *Carbohydr. Polym.*, vol. 85, no. 2, pp. 376–387, 2011.
- [28] N. E. Dávila-Guzman, F. J. Cerino-Córdova, P. E. Diaz-Flores, J. R. Rangel-Mendez, M. N. Sánchez-González, and E. Soto-Regalado, "Equilibrium and kinetic studies of ferulic acid adsorption by Amberlite XAD-16," *Chem. Eng. J.*, vol. 183, pp. 112–116, 2012.
- [29] N. E. Dávila-Guzman, F. J. Cerino-Córdova, E. Soto-Regalado, M. Loredó-Cancino, J. A. Loredó-Medrano, and R. B. García-Reyes, "A mass transfer model for the fixed-bed adsorption of ferulic acid onto a polymeric resin: axial dispersion and intraparticle diffusion," *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 37, no. 15, pp. 1914–1922, 2016.
- [30] D. Frascari, A. E. M. Bacca, F. Zama, L. Bertin, F. Fava, and D. Pinelli, "Olive Mill Wastewater Valorisation through Phenolic Compounds Adsorption in a Continuous Flow Column," *Chem. Eng. J.*, vol. 283, pp. 293–303, 2015.
- [31] M. Ahmaruzzaman, "Adsorption of phenolic compounds on low-cost adsorbents: A review," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 143, no. 1–2, pp. 48–67, 2008.
- [32] B. Crittenden and W. J. Thomas, *Adsorption Technology and Design*. Oxford: Elsevier, 1998.

4. Impactos actual o potencial:

Haga una descripción y/o relacione los impactos que tenga el proyecto en los diferentes ámbitos:

Académico (aportes a la docencia, aportes a la formación de recursos humanos):

Formación de estudiantes de pregrado y posgrado en buenas prácticas de laboratorio, acompañamiento en la parte experimental y en la redacción del documento de los estudiantes de pregrado y doctorado.

Incorporar en las nuevas ofertas del curso Ingeniería de Bioseparaciones a estudiantes de posgrado de la EIA, elementos operativos desarrollados en esta investigación, que nos permiten

afirmar que la capacidad de adsorción de un sistema no puede predecirse fácilmente, ya que es altamente dependiente de factores tales como las propiedades del adsorbente (porosidad, área superficial, tamaño de partícula) y del adsorbato (estructura, solubilidad en agua, carga iónica, polaridad, pKa, peso molecular y tamaño), las condiciones de la solución (solvente, pH, temperatura, fuerza iónica, concentración de solutos, y competición entre solutos), interacciones en la interfase sólido- líquido y el tipo de montaje experimental (operación por lotes o continua incluyendo la desorción).

Investigativo (divulgación de resultados):

Con la divulgación de los resultados de la ejecución del proyecto en eventos académicos nacionales e internacionales, se logró comunicar a comunidad científica de los proyectos que está realizando la Escuela de Ingeniería de Alimentos, al mismo tiempo conocer las tendencias actuales de investigación en el área.

Desarrollos futuros:

Se adjunta una estrategia concreta para consecución de recursos externos para darle continuidad a la investigación con indicadores verificables (Ver anexo).

Los residuos agrícolas e industriales constituyen una fuente de materiales naturales de bajo costo que son fuente de compuestos bioactivos interesantes. Entre los más reconocidos se encuentran los compuestos fenólicos, responsables de funciones estructurales y de protección de las plantas, y que contribuyen también al sabor y aroma, color, astringencia y sabor amargo en frutas y vegetales. Es ampliamente reconocido su papel en la promoción de la salud y últimamente se ha incrementado la demanda del consumidor para consumir alimentos “funcionales” o “nutracéuticos”. Algunas aplicaciones propuestas para los compuestos fenólicos se basan en su actividad antioxidante contra especies reactivas que participan en el envejecimiento y en enfermedades crónicas, autoinmunes, inflamatorias, coronarias y degenerativas.

Para darle continuidad a la línea de investigación de producción de alimentos funcionales del grupo GIPAB, se continuarán desarrollando estrategias para valorizar principalmente residuos de cosecha y del procesamiento de alimentos de origen vegetal principalmente, dirigidos a caracterizar su contenido en compuestos bioactivos y a validar las condiciones tecnológicas para

su extracción, concentración y purificación, además de evaluar su funcionalidad después de su incorporación en diferentes matrices. Estamos iniciando actividades de extracción de los compuestos bioactivos principalmente compuestos fenólicos presentes en la cascarilla de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo), para incorporarlos al aceite de esta semilla el cual es rico en ácidos grasos insaturados, en especial el ácido alfa linolénico (omega 3).

Si posee información acerca de los impactos actuales o potenciales de la investigación, preséntela en máximo una página. Se refiere a los aportes que ofrece en el campo de investigación al que corresponde. Incluye las tecnologías y resultados de IDi que puedan transferirse a los sectores productivos y de servicios, tanto nacionales como internacionales.

5. Productos:

Tabla No. 1. **Cantidad y tipo de productos pactados en el Acta de Trabajo y Compromiso y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo aceptado para publicación en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
			1				1	
Artículo aceptado para evaluación en una revista en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
	1				1			
Libros de autor que publiquen resultados de investigación								
Capítulos en libros que publican resultados de investigación								
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados								
• Prototipos y patentes								
• Software								
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial								
Normas basadas en resultados de investigación								

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	4	2	4	2
Semillero de Investigación	1		1	
Estudiantes de maestría				
Estudiantes de doctorado	1		1	
Joven investigador				
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	1	1
Estrategias de fortalecimiento de capacidades de investigación	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Una estrategia concreta para consecución de recursos externos para darle continuidad a la investigación con indicadores verificables.	1		1	

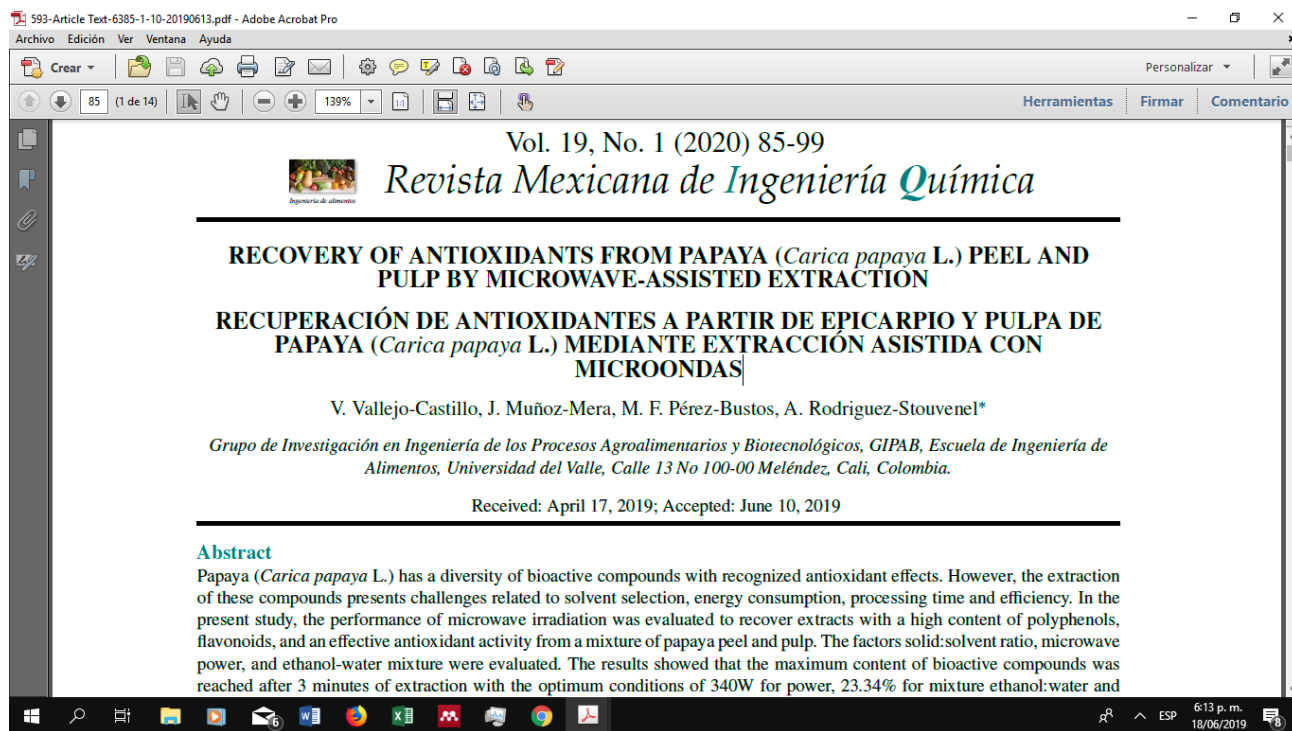
Tabla No. 2. Detalle de productos

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a este formato encontrará el instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Artículo aceptado para publicación en revista ISI-SCOPUS
Nombre General:	Revista Mexicana de Ingeniería Química. (Año 2020). Vol: 19. Núm: 1. Págs: 85 – 99

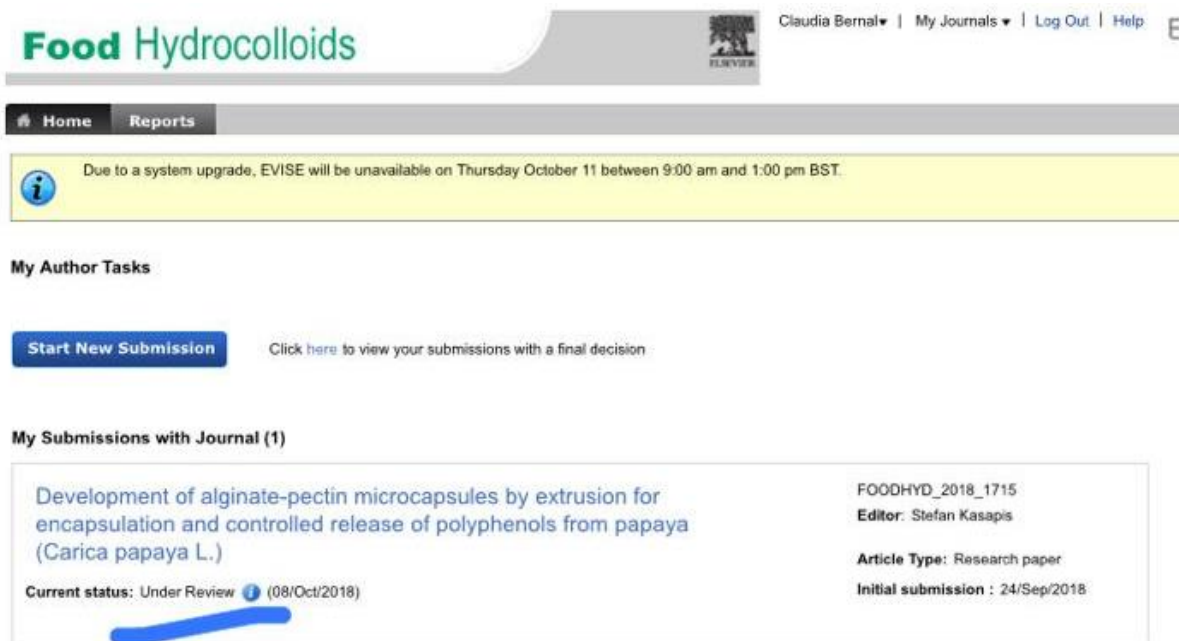
Nombre Particular:	Recovery of antioxidants from papaya (<i>Carica papaya</i> L.) peel and pulp by microwave-assisted extraction
Ciudad y fechas:	México, D.F. - junio 10 de 2019
Participantes:	V. Vallejo-Castillo, J. Muñoz-Mera, M. F. Pérez-Bustos, A. Rodríguez-Stouvenel
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 1. Captura de pantalla del artículo aceptado para publicación en revista ISI-SCOPUS



Tipo de producto:	Artículo aceptado para evaluación en una revista en revista ISI-SCOPUS:
Nombre General:	Food Hydrocolloids
Nombre Particular:	Development of alginate-pectin microcapsules by extrusion for encapsulation and controlled release of polyphenols from papaya (Carica papaya L.)
Ciudad y fechas:	USA – 24 de septiembre de 2018
Participantes:	Vladimir Vallejo-Castillo, Aida Rodríguez-Stouvenel, Ronny Martínez, Claudia Bernal
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 2. Captura de pantalla del artículo aceptado para evaluación en una revista en revista ISI-SCOPUS:



Food Hydrocolloids

Claudia Bernal | My Journals | Log Out | Help

Home Reports

Due to a system upgrade, EVISE will be unavailable on Thursday October 11 between 9:00 am and 1:00 pm BST.

My Author Tasks

[Start New Submission](#) [Click here to view your submissions with a final decision](#)

My Submissions with Journal (1)

Development of alginate-pectin microcapsules by extrusion for encapsulation and controlled release of polyphenols from papaya (Carica papaya L.)

FOODHYD_2018_1715
Editor: Stefan Kasapis
Article Type: Research paper
Initial submission : 24/Sep/2018

Current status: Under Review (08/Oct/2018)



Tipo de producto:	Estudiantes de Pregrado vinculados
Nombre General:	Trabajo de pregrado de ingeniería de alimentos
Nombre Particular:	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS DE COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN PULPA Y EPICARPIO DE PAPAYA (Carica papaya L.)”
Ciudad y fechas:	Cali – 4 de Abril 2018
Participantes:	J. Muñoz-Mera, M. F. Pérez-Bustos
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 3. Acta de sustentación de trabajo de pregrado de ingeniería de alimentos “EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS DE COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN PULPA Y EPICARPIO DE PAPAYA (Carica papaya L.)”



FACULTAD DE INGENIERÍA Coordinación Académica Programa Académico Ingeniería de Alimentos		ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO			
INFORMACIÓN GENERAL					
Título del trabajo		FECHA	DÍA	MES	
Evaluación del efecto del proceso de extracción asistida por microondas de compuestos bioactivos presentes en pulpa y epicarpio de papaya (Carica papaya L.)			4	4	
		HORA	8:00 a.m.		
Estudiante (s)		Código			
Jefferson Muñoz Mera		201325194			
María Fernanda Pérez Bustos		201329426			
Nombre del director		Firma			
Aída Rodríguez de Stouvenel					
N/A	Nombre del co-director	Firma			
X					
N/A	Nombre del Asesor 1	Firma			
X					
COMITÉ EVALUADOR					
Nombre del evaluador		Firma			
Juan Carlos Gómez Daza					
Claudia Liliana Vargas Serna					
EVALUACIÓN					
Para los siguientes aspectos califique con una nota según la siguiente escala:					
Excelente 5.0 - 4.8	Muy bueno 4.7 - 4.5	Bueno 4.4 - 4.0	Regular 3.9 - 3.5	Aceptable 3.4 - 3.0	Malo 2.9 - 1
Aspectos a Evaluar		Nota	Ponderación	Total	
Cumplimiento de los Objetivos		4.7	15%	0.7	
Calidad de la Revisión Bibliográfica		4.8	10%	0.5	
Validez Metodológica		4.3	15%	0.6	
Pertinencia de los Resultados		4.2	10%	0.4	
Análisis de Resultados		4.4	15%	0.7	
Conclusiones		4.1	10%	0.4	
Redacción y Presentación del Documento		4.2	15%	0.6	
Sustentación		4.5	10%	0.5	
NOTA FINAL			100%	4.4	
OBSERVACIONES					
DEFINICIÓN Y COMPROMISOS MENCIÓN					
Como evaluadores y de común acuerdo consideramos que, una vez realizada la sustentación, el trabajo merece mención y nos comprometemos a completar el trámite correspondiente para solicitarla.					
SI ☐ NO ☒ MERITORIA ☐ LAUREADA ☐					
La decisión anterior queda sujeta a la revisión del cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la Resolución 057 de marzo 17 de 2015					
Firma del Director de Programa					



Tipo de producto:	Estudiantes de Pregrado vinculados
Nombre General:	Trabajo de pregrado de ingeniería de alimentos
Nombre Particular:	"Efecto del estado de madurez sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de papaya"
Ciudad y fechas:	Cali – 13 de febrero de 2018 Brayan Arnulfo Duque Alvarez no pudo continuar. Cali – 17 de febrero 2020
Participantes:	Dairon Lenin Anacona Ordoñez Mayra Alejandra Mosquera Cabrera
Sitio de información:	Secretaria Académica Programa de Ingeniería de Alimentos– Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 4. a) Carta de aval de trabajo de grado de ingeniería de alimentos “Efecto del estado de madurez sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de papaya”.
b) Acta de sustentación de trabajo de grado de ingeniería de Alimentos “Efecto del estado de madurez sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de papaya *Carica papaya L.*”.



a)



Facultad de Ingeniería

Santiago de Cali, 13 de febrero de 2018

IA.048.2018

Estudiantes

MAYRA ALEJANDRA MOSQUERA CABRERA

DAIRON LENIN ANACONA ORDÓÑEZ

Programa Ingeniería de Alimentos

La Universidad

Asunto: modificación propuesta trabajo de grado

Reciban un cordial saludo.

En atención a la solicitud de incluir al estudiante Dairon Lenin Anacona Ordoñez en reemplazo del estudiante Brayan Arnulfo Duque Álvarez en la propuesta de Trabajo de grado "*Efecto del estado de madurez sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de papaya*", la cual fue aprobada con modificaciones menores. El Comité de Programa acordó aprobarla, teniendo en cuenta que el estudiante Duque a la fecha no cumple con los requisitos exigidos para matricular la asignatura Trabajo de grado I en el presente periodo.

Por lo anterior, deberán entregar la propuesta de trabajo que incluya tal modificación y el formato de transferencia de resultados que se encuentra pendiente.

Por el Comité de Programa,

ALFREDO AYALA APONTE

Director

Programa Ingeniería de Alimentos

Copia a: Aída Rodríguez de Stouvenel, Vladimir Ernesto Vallejo Castillo - Directores trabajo de grado.
Bryan Arnulfo Duque Álvarez - Estudiante

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Universidad del Valle

Ciudad Universitaria Meléndez – Edificio 338. Piso 2°

Tel. 3212100 ext. 2277-2392 AA.25380

e-mail: alimentos@univalle.edu.co

Santiago de Cali - Colombia

b) Sustentación realizada el 17 de febrero de 2020

acta0001.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

Inicio Herramientas TG Dairon Lenin An... acta0001.pdf x

1 / 1 61%

Inicio sesión

Compartir

FACULTAD DE INGENIERÍA
Coordinación Académica
Programa Académico Ingeniería de Alimentos

ACTA DE SUSTENTACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL

Título del trabajo: []

FECHA: DIA 17 MES 2 AÑO 2020

Efecto del estado de madurez sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de papaya

Estudiante (s): Mayra Alejandra Mosquera Cabrera Código: 201423943
Dairon Lenin Anacona Orozco Código: 201332221

Nombre del director: Aida Rodríguez de Stouvenel Firma: [Firma]

Nombre del co-director: Vladimir Ernesto Valtajo Castillo Firma: [Firma]

Nombre del Asesor 1: [] Firma: [Firma]

COMITÉ EVALUADOR

Nombre del evaluador: Jennifer Orozco Núñez Firma: [Firma]

Patricia Milán Cruz Firma: [Firma]

EVALUACIÓN

Para los siguientes aspectos califique con una nota según la siguiente escala:

Aspectos a Evaluar	Excelente 5.0 - 4.8	Muy bueno 4.7 - 4.5	Buena 4.4 - 4.0	Bastante 3.9 - 3.5	Aceptable 3.4 - 3.0	Malos 2.9 - 1	Nota	Ponderación	Total
Calificación de los Objetivos							4.4	15%	0.7
Calidad de la Revisión Bibliográfica							4.0	10%	0.4
Validez Metodológica							4.2	10%	0.4
Presentación de los Resultados							4.1	10%	0.4
Análisis de Resultados							4.1	15%	0.6
Conclusiones							3.0	10%	0.3
Redacción y Presentación del Documento							4.1	10%	0.4
Sumatoria							4.4	100%	4.11

NOTA FINAL: 4.11

OBSERVACIONES:

DEFINICIÓN Y COMPROMISOS MENCION

Como evaluadores y de común acuerdo consideramos que una vez realizada la sustentación, el trabajo merece mención y nos comprometemos a completar el trámite correspondiente para solicitarla.

SI ☐ NO ☐ MERITORIA ☐ LAUREADA ☐

La decisión anterior puede sujetar a la validación del comité de Si cumplen requisitos establecidos en la Resolución 057 de marzo 17 de 2015

Firma del Director de Programa: [Firma]

F-071-06-04-02
1/01/2014

Elaborado por:
Coordinación Académica
Vicerrectoría de Investigaciones

04:32 p.m.
02/03/2020

Tipo de producto:	Estudiantes Semilleros de investigación
Nombre General:	Estudiantes Semilleros de investigación
Nombre Particular:	Asignatura "Pasantía en Investigación 1"
Ciudad y fechas:	Cali – 13 de febrero de 2018
Participantes:	Leydi Solarte Marcillo
Sitio de información:	Secretaria Académica Programa de Ingeniería de Alimentos– Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 5. Tabulado académico de la Leydi Solarte Marcillo con la valoración numérica de la Asignatura "Pasantía en Investigación 1"

Estudiante : **201429004 -- SOLARTE MARCILLO LEYDI VANESSA**
 Documento: **C.C. 1114889862**
 Programa Académico : **3753-00-DIU-INGENIERÍA DE ALIMENTOS**
 Email Institucional:
leydi.solarte@correounivalle.edu.co
 Tipo de Ingreso: **ADMISION**
 Resolución del estudiante: **(415) 081 de 2010**

Tipo de Currículo: **RF -> REFORMA CURRICULAR**

PERIODO: AGOSTO/2016 - DICIEMBRE/2016										
Fecha Matricula:		2016-08-11								
ESTÍMULOS ACADÉMICO, Puesto ocupado: 5										
CÓDIGO	GR	ASIGNATURA	TM	CAL	HAB	FUND	COMP	CRED	CANCELA	REACTIVACIÓN
204001M	10	ESPAÑOL	N	3.5		EC	HUM	3		
204161M	02	COMPRESIÓN Y PRODUCC. DE TEXTOS ACADEM.	N					3	2016-09-13 16:41:01	
745035M	01	ASEGUR. DE CALIDAD EN IND. DE ALIMENTOS	N	4.4		AP	SIN	3		
745051M	01	TALLERES Y LAB. DE ING. DE ALIMENTOS IV	N	4.3		AP	SIN	2		
750017M	01	MÉTODOS NUMÉRICOS	N	4.4		AB	TEC	3		
750017M	02	MÉTODOS NUMÉRICOS	N			AB	TEC	3	2016-08-12 14:32:03	2016-08-12 09:51:33
780066M	02	MECÁNICA DE FLUIDOS	N	4.2		AB	SIN	3		
780070M	03	TERMODINÁMICA GENERAL	N	4.8		AB	SIN	3		
999034M	01	PASANTÍA EN INVESTIGACIÓN I - INGENIERÍAS	N	4.5		EC	SIN	3		
Resumen de Finalización por periodo										
Créditos Matriculados:		20	Num. Créd. Aprobados :		20	% Créd. Aprobados :		100%		
Créditos Acumulados:		20	Num. Créd. Aprobados Acumulados:		20	Promedio Semestral :		4.3		



Tipo de producto:	Estudiante de Doctorado
Nombre General:	Tesis Doctoral
Nombre Particular:	ECOPROCESOS DE EXTRACCIÓN-ADSORCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN SELECTIVA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL FRUTO DE PAPAYA (Carica papaya)
Ciudad y fechas:	Cali – 24 de mayo de 2019
Participantes:	Vladimir E. Vallejo Castillo
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 6. Acta de sustentación de Tesis Doctoral

Facultad de Ingeniería

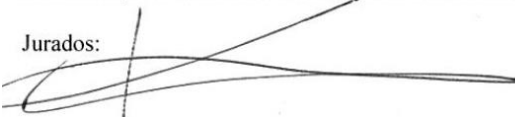


**PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA
ACTA DE APROBACIÓN TESIS DOCTORAL**

La Resolución No. 117 de Octubre de 2010 del Consejo Académico, exige como uno de los requisitos para optar al título de Doctor en Ingeniería, la presentación, sustentación y aprobación de la tesis doctoral ante un jurado de Tesis.

En cumplimiento de lo anterior, el aspirante **VLADIMIR ERNESTO VALLEJO CASTILLO** código 201402850 ha presentado la Tesis Doctoral titulada **"ECOPROCESOS DE EXTRACCIÓN- ADSORCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN SELECTIVA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN EL FRUTO DE PAPAYA (CARICA PAPAYA)"**. Área de Énfasis: **Ingeniería de Alimentos**, el día viernes 24 de mayo de 2019 a las 2:30 pm, Salón 1007 – Edificio E32.

Jurados:


NELIO ARIEL OCHOA, PH. D
Universidad Nacional de San Luis
Argentina


FABIÁN PARADA ALFONSO, PH. D
Universidad Nacional
Colombia

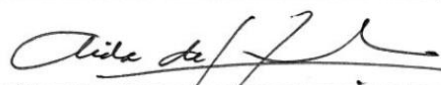

NILSON MARIATEGA CABRALES, PH. D
Universidad del Valle
Colombia

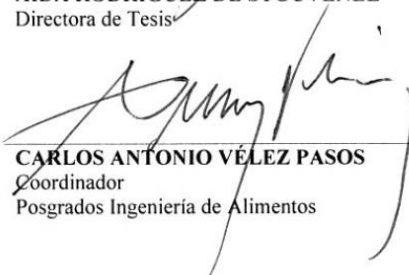
El jurado conceptúa que la Tesis Doctoral es:

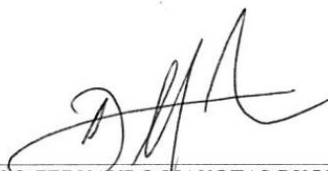
A P R O B A D A .

En caso de que se cumplan los criterios de la resolución vigente para el otorgamiento de distinciones, el jurado conceptúa que la Tesis Doctoral es:

En constancia de lo anterior se firma en Santiago de Cali, el día 24 del mes de mayo de 2019.


AÍDA RODRÍGUEZ DE STOUVENEL
Directora de Tesis


CARLOS ANTONIO VÉLEZ PASOS
Coordinador
Posgrados Ingeniería de Alimentos


DIEGO FERNANDO MANOTAS DUQUE
Director
Programa de Doctorado en Ingeniería

VICEDECANATURA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADOS
Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez - A. A. 25360
Telefax (92) 331 52 76
Correo electrónico: vdip.ingenieria@correounivalle.edu.co
Santiago de Cali - Colombia



Tipo de producto:	Productos de Divulgación
Nombre General:	IV versión del CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - IICTA 2018.
Nombre Particular:	EXTRACCIÓN RÁPIDA DE POLIFENOLES PRESENTES EN EL FRUTO DE PAPAYA (Carica papaya L.), en modalidad poster.
Ciudad y fechas:	Cali – 16 – 18 de mayo de 2018
Participantes:	V. Vallejo-Castillo, J. Muñoz-Mera, M. F. Pérez-Bustos, A. Rodríguez-Stouvenel
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 7. Carta aceptación del trabajo modalidad poster – IICTA 2018

IICTA 2018



Innovación, Sostenibilidad y Productividad
en el Sector Agroalimentario

Palmira, 6 de marzo de 2018

Estimad@ Autor(a)
Jefferson Muñoz Mera

Cordial saludo.

El Comité Académico de la IV versión del CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - IICTA 2018, evento organizado por la Facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, informa que el trabajo titulado **EXTRACCIÓN RÁPIDA DE POLIFENOLES PRESENTES EN EL FRUTO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)**, de los autores **Muñoz Mera Jefferson, Pérez Bustos María Fernanda, Vallejo Castillo Vladimir Ernesto y Rodríguez de Stouvenel Aidah** ha sido aprobado para ser presentado en la modalidad **Póster** en el IICTA-2018 evento que se llevará a cabo en la ciudad de Cali en el Hotel Intercontinental del 16 al 18 de mayo del 2018.

Agradecemos su interés en participar en el evento.

Atentamente,

COMITÉ ORGANIZADOR IICTA 2018

Organiza:

Facultad de Ingeniería y Administración
Sede Palmira





Tipo de producto:	Productos de Divulgación
Nombre General:	Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos XI – CIBIA XI
Nombre Particular:	Extracción y adsorción de polifenoles presentes en el fruto de la papaya (Carica papaya L.), en modalidad presentación oral.
Ciudad y fechas:	Valparaíso, Chile del 22 al 25 de octubre de 2017.
Participantes:	V. Vallejo-Castillo, A. Rodriguez-Stouvenel
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 8. Carta aceptación del trabajo modalidad presentación oral – CIBIA XI



El Instituto Chileno de Ingeniería para Alimentos A.G. (IChIA, A.G.) en conjunto con el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Técnica Federico Santa María

Otorga el presente certificado al trabajo:

**EXTRACCIÓN Y ADSORCIÓN DE POLIFENOLES
PRESENTES EN EL FRUTO DE LA PAPAYA (Carica
papaya L.)**

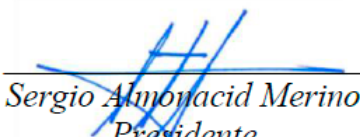
Presentado en formato

Oral

De los autores

Vallejo-Castillo, V.; Rodríguez de Stouvenel, A.

En el “XI Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA 2017)”, que tuvo lugar en Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso Chile del 22 al 25 de Octubre



Sergio Almonacid Merino
Presidente
CIBIA2017



Cristóbal Ramírez Bustos
Presidente Comité Científico
CIBIA2017



Tipo de producto:	Estrategias de fortalecimiento de capacidades de investigación
Nombre General:	Fortalecimiento de capacidades de investigación del Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos – GIPAB
Nombre Particular:	Fortalecimiento de capacidades de investigación del Grupo de Investigación – GIPAB en proyectos relacionados con la obtención de compuestos bioactivos y alimentos funcionales
Ciudad y fechas:	Cali, 2017 – 2020
Participantes:	V. Vallejo-Castillo, A. Rodríguez-Stouvenel, Cristhian Fernando Betancourth López, Carlos Antonio Vélez Pasos, Karen Johana Ortega Villalba, Erika Leonor Zambrano.
Sitio de información:	Biblioteca Central – Universidad del Valle Secretaría Programas de posgrado Escuela de ingeniería de Alimentos
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, GIPAB.

Anexo 9. Estrategias de fortalecimiento de capacidades de investigación – Grupo de Investigación – GIPAB.

Se fortaleció el Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos – GIPAB, mediante incorporación de estudiantes de doctorado con Tesis Doctorales relacionadas con la obtención de compuestos bioactivos:

- ***“Obtención de microcápsulas de aceite de sachá inchi (*plukenetia volubilis* linneo) enriquecido con compuestos fenólicos extraídos de residuos de su semilla para extender la vida útil”.*** Investigación que realiza el estudiante **Christian Fernando Betancourth López**, bajo la dirección de la profesora **Aída Rodríguez de Stouvenel** y la profesora **Patricia Millán Cruz** de la Universidad del Valle. Desde 2019.
- ***“Obtención de zumo de mora (*Rubus glaucus*) de alto potencial funcional mediante la aplicación de un proceso de explosión flash”.*** Presentado por la estudiante **Karen Johana Ortega Villalba**, bajo la dirección del profesor **Carlos Vélez Pasos** de la Universidad del Valle y el investigador **Fabrice Vaillant** de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Desde 2018.
- ***“Fraccionamiento bio-guiado de jugo de tomate de árbol (*solanum betaceum*) por tecnología de membranas mediante la identificación de biomarcadores por metabolómica no dirigida para obtención de extractos de alta calidad funcional”.*** Presentado por la estudiante **Erika Leonor Zambrano**, bajo la dirección del profesor **Carlos Vélez Pasos** de la Universidad del Valle y el investigador **Fabrice Vaillant** de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Desde 2018.



La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11, con espacios de 1 1/2