

Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) por el método de hidrólisis ácida

Extraction and characterization of pectin from residues of pineapple shells (*Ananas comosus*) by the acid hydrolysis method

Edward Cedula Ávila Garavito¹, July Perdomo Cerquera², Beatriz Guevara Guerrero³

Resumen

El trabajo se realizó tomando muestras de cáscara de piña, en el sector Las Mercedes en el corredor vial entre Villavicencio y Acacías en el departamento del Meta, donde se encontró un total de 9 puntos de venta ambulantes los cuales generan en promedio 14.11 Kg de cáscara/día. En el desarrollo del proyecto se empleó un diseño experimental 2 para el proceso de extracción de pectina, con la combinación de variables de temperatura y tiempo, donde se encontró que el factor determinante en la extracción de pectina por hidrólisis ácida es la temperatura, dando un mejor rendimiento a 90°C. El proceso de extracción y caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida a partir de cáscara de piña se realizó en el laboratorio multipropósito 1 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia Nodo Acacías, donde se obtuvieron resultados como los siguientes: rendimiento de extracción de 1.15%, grado esterificación de 45.324, sólidos solubles de 0,366 °Brix, una acidez titulable de 0.0768 gr de ácido cítrico/100 ml y una viscosidad de 83.324 Cp. Los resultados se compararon con una muestra de pectina cítrica ligera de alto metoxilo comercial, con la cual se pudo concluir que la pectina obtenida a partir de la cáscara de la piña corresponde a una pectina de bajo metoxilo teniendo en cuenta la diferencia en el resultado de grado de esterificación para las dos pectinas.

Palabras clave: pectina, hidrolisis, piña, grado de metoxilo, viscosidad.

Abstract

The work was carried out by taking samples of pineapple peel from the Las Mercedes sector in the road corridor between Villavicencio and Acacías in the department of Meta, where a total of 9 mobile sales points were found, the general strain on average 14.11 Kg of peel / day An experimental design 22 was used for the pectin extraction process with the combination of temperature and time variables, where it was found that the determining factor in the extraction of pectin by acid hydrolysis is temperature, giving a better performance at 90 ° C. The process of extraction and physicochemical characterization of the pectin obtained from pineapple peel was carried out in multipurpose laboratory 1 of the

¹ Especialista en procesos de alimentos y biomateriales. Correo: edwardavila86@gmail.com.

² Magister en gerencia de programas sanitarios en inocuidad de alimentos. Correo: july.perdomo@unad.edu.co

³ Magister en ingeniería de alimentos. Correo: beatriz.guevara@unad.edu.co

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Nodo Acacias, where results such as the following were obtained: extraction yield of 1.15%, grade esterification of 45,324, soluble solids of 0.366 ° Brix, a titratable acidity of 0.0768 g of citric acid / 100 ml and a viscosity of 83,324 Cp. The results were compared with a commercial high methoxyl citric pectin sample, with which it was concluded that the pectin obtained from pineapple peel corresponds to a low methoxyl pectin taking into account the difference in the grade result. esterification for the two pectins.

Keywords: *Pectin, hydrolysis, pineapple, methoxyl grade, viscosity.*

1. Introducción

El cultivo de piña en regiones tropicales como el Meta representa una fuente importante de alimentos y materia prima para la población y la industria nacional, la piña lleva por nombre científico *Annas comosus* y pertenece al reino vegetal, divisiones monocotiledóneas, familia de las bromeliácea (Avella, Valenzuela y Quisphi, 2014). El procesamiento y consumo de piña, tanto en fresco como procesada, genera una alta cantidad de residuos hasta un 65% entre cáscara, corazón y corona, los que son desechos potencialmente aprovechables, de los cuáles la cáscara corresponde a un 41% (Álvarez Bazurto & Ortiz Paredes, 2016). La cáscara, por su composición, merece una atención especial ya que de ella es posible obtener materiales o sustancias de interés industrial como la pectina, la cual es utilizada en la industria de alimentos y fármacos debido a su poder gelificante y la propiedad que tiene de absorber una gran cantidad de agua, los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de alimentos como compotas, jaleas, salsas y en la industria de alimentos lácteos en la elaboración de yogurt de frutas y productos bajos en grasa (Parichat & Jurairat, 2017).

Con el uso actual de tecnologías, procesos químicos y biotecnológicos, es posible dar un uso productivo a los desechos orgánicos como las cáscaras de los cítricos, por lo anterior se hace necesario hoy en día el estudio y caracterización de los componentes que hacen parte de los residuos y que se pueden aprovechar con fines industriales, por ejemplo, técnicas como la hidrólisis ácida aplicada a las cáscaras de la fruta es útil para la extracción de pectina. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación es extraer y caracterizar la pectina a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) mediante el método de hidrólisis ácida y pruebas fisicoquímicas, como medida de aprovechamiento de los residuos generados por el consumo y procesamiento de piña.

2. Metodología

2.1 Ubicación

Las pruebas del proyecto se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) CEAD Acacias.

2.2 Materia prima

La muestra de cáscara fue tomada en diferentes puntos de venta ambulante de piña en el sector Las Mercedes vía Acacias

- Villavicencio, la cáscara de piña se recolectó en fresco, proveniente de frutos sanos con madurez óptima, sin materias extrañas o presencia de hongos.

2.3 Tratamiento de la muestra

La clasificación de la cáscara de piña se realiza acorde al estado de madurez según la norma técnica colombiana NTC 729-1 (grado 5) y contenido de pulpa adherida a la cáscara no mayor a un espesor de 0,5 cm. El lavado y desinfección se realiza siguiendo las recomendaciones de la FAO para desinfección de productos vegetales con hipoclorito de sodio a 150 ppm a una exposición de 5 minutos (López, 2003). Las cascara son troceadas en cuadros de tamaño aproximado de 2cm con ayuda de cuchillo y tabla para picar, se homogeniza las muestras y se mezclan uniformemente para posteriormente de forma aleatoria tomar muestras de 300 g para cada tratamiento.

2.4 Proceso de extracción de pectina

A continuación, se relacionan las etapas experimentales para la extracción de

pectina: escaldado, hidrólisis ácida, separación de sólidos, concentración de la solución, precipitación, lavado, secado y pulverización (Devia Pineda, 2002).

2.5 Caracterización fisicoquímica de la pectina

A continuación, se relacionan las etapas para la caracterización fisicoquímica de la pectina: rendimiento, grado de esterificación, sólidos solubles (°Brix), acidez titulable y viscosidad.

2.6 Diseño experimental

El diseño experimental es factorial de la forma 2K en donde K tiene un valor de dos. Para el análisis de resultados se realiza un análisis de varianza de dos factores empleando el software estadístico Minitab 18 versión libre, con el cual se evaluarán los parámetros de extracción de pectina frente a la interacción de tiempo y temperatura, por hidrólisis ácida empleando una solución de HCl 0.1N (Guerrero, 2017).

Tabla 1. Diseño experimental para evaluación del método de extracción

Fuentes de variación		Parámetro
Temperatura (°C)	50	Rendimiento
	90	
Tiempo (minutos)	40	Rendimiento
	120	

Fuente: Flores, Mariños, Rodríguez & Rodríguez, 2013

3. Discusión

3.1 Análisis de resultados

La determinación del contenido de pectina extraída y el rendimiento se visualizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados masa de pectina extraída y rendimiento

Temperatura °C (A)	Tiempo min (B)	Masa pectina (g)	Rendimiento %
(+) 90	(+)120	0.48 g	0.16
(+) 90	(-) 40	0.53 g	0.17
(-) 50	(+)120	0.25 g	0.083
(-) 50	(-) 40	0.22 g	0.073

Fuente: autor

3.2 Caracterización fisicoquímica de la pectina

Las características fisicoquímicas se realizaron para la pectina obtenida a partir de la cáscara de la piña y se compararon con los resultados de una pectina cítrica

rápida de alto metoxilo comercial como patrón. La siguiente figura muestra la comparación de la caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida:

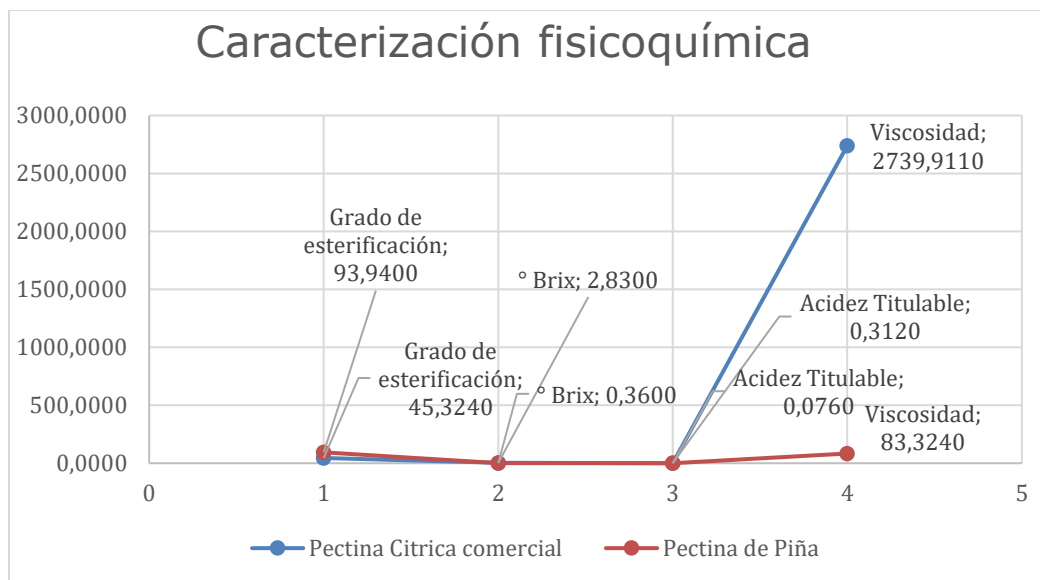


Figura 1. Comparación caracterización fisicoquímica de pectina

3.3 Análisis de resultado diseño experimental

Una vez realizado el diseño experimental para la extracción de pectina por el método de hidrólisis ácida, se determinó el análisis estadístico con ayuda

del programa Minitab 18 versión libre, obteniendo como resultado el parámetro más relevante en el diseño, como se evidencia en la Figura número 2.

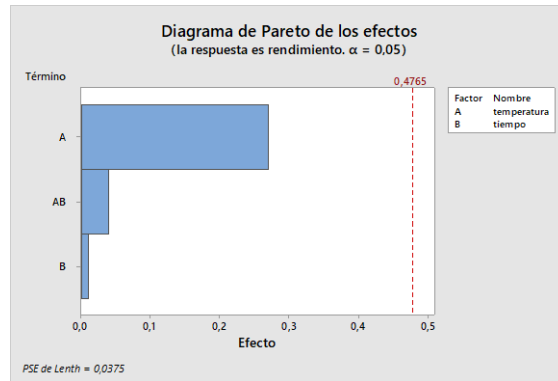


Figura 2. Diagrama de Pareto de los efectos en la extracción de pectina

4. Conclusión

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología propuesta para la extracción de pectina a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se encontró que el método de hidrólisis ácida fue efectivo en la obtención de pectina a nivel de laboratorio, de acuerdo al diseño experimental, el factor más relevante a tener en cuenta en la extracción es la temperatura, de igual forma se pudo determinar que la combinación que mostró mejor resultado fue temperatura de 90°C por un tiempo de extracción de 40 minutos. Mediante la caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida a partir de cáscara de piña se concluye que una vez comparada con la pectina cítrica comercial como patrón corresponde a una pectina de bajo metoxilo. Se puede concluir de otra parte que la obtención de pectina de bajo metoxilo a partir de cáscara de piña es una alternativa para aprovechar la gran cantidad de residuos generados en el pie de monte llanero.

Referencias

- Acevedo, Y. V. N., Quintero, J. F. L. & Clavijo, C. C. G. (2016). Recorrido virtual en tercera dimensión de la sede principal en una universidad de Bogotá. *Publicaciones e Investigación*, 10, 83-93.
- Abello Mendoza, E. N., & Bernal Suárez, W. F. (2017). Prototipo para la orientación automática de paneles solares. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29750>
- Agreda, F. U. P. & Castrillón, J. H. (2017). Aplicación de la técnica smed en el procedimiento de cambio de tintas de la referencia bolsa kraff colanta entera 3c a bolsa kraff amtex tannus 2c. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 113-124.
- Alegría, Y. M., Collazos, C. A., Granollers, T. & Gil, R. (2014). Propuesta de valoración del comportamiento como complemento a la evaluación emocional de los usuarios mientras interactúan con sitios web. *Publicaciones e Investigación*, 8, 185-201.

- Álvarez Bazurto, G. A., & Ortiz Paredes, S. M. (2016). Aprovechamiento de los residuos agrícolas de la piña (*Ananas Comosus*) para la obtención de una bebida fermentada y papel artesanal. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17921>
- Avella, J., Valenzuela, A., Quisphi, M., (2014). Aprovechamiento residuos biomasa de producción de piña (*Ananas comosus*) para municipio de Aguazul Casanare. *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia*, 10-133. http://aguazulcasanare.micolombiadigital.gov.co/sites/aguazulcasanare/content/files/000022/1068_docfinalbiomasa_pia_1.pdf
- Barragán, F. M. M. (2017). Formulación y elaboración de productos de panificación con yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como endulzante, para la población con deficiencias en el metabolismo de los disacáridos. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 127-139.
- Bastidas, S. E. C., Cabrera, A. A., Mez, H. E. C. & Cervelion, A. J. (2019). Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en pacientes hospitalizadas con redes WSN. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 27-44.
- Bastidas, S. E. C., & Peláez, J. M. L. (2015). Algoritmos de planificación para la transmisión de datos en tiempo real con IEEE 802.15. 4. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1443/1883>
- Bautista, E. A. S., Roa, J. R. V., & Ortega, J. A. T. (2015). Estimación de la huella hídrica para un cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Publicaciones e Investigación*, 9, 135-146.
- Bríñez, J. A. B., Cuevas, M. M. & Torres, M. (2014). Análisis de parámetros objetivos y subjetivos en pre-amplificadores de audio. *Publicaciones e Investigación*, 8, 13-24.
- Castañeda, C. C. C. (2016). Ros-gazebo. una valiosa Herramienta de Vanguardia para el desarrollo de la robótica. *Publicaciones e Investigación*, 10, 145-160.
- Cerra Escobar, I. L., & Villarreal Padilla, J. E. (2017). State of art: utilizing social network analysis in diverse fields. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), <https://doi.org/10.22490/25394088.2257>
- Cifuentes, A. F. M. & Clavijo, C. C. G. (2015). Marco de referencia para la gestión de TI centrada en la creación de valor compartido, aplicado a una propuesta de formación en maestría. *Publicaciones e Investigación*, 9, 163-176.
- Chomto, P. & Nunthanid, J. (2017). Physicochemical and powder characteristics of various citrus pectins and their application for oral pharmaceutical tablets. *Carbohydrate Polymers*, 174, 25-31. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717306860>
- Cruz, A. V., Cordero, L. A. & González, A. P. (2014). Evaluación energética de

- los generadores de vapor F1-2 y BH-109 de una refinería cubana de petróleo. *Publicaciones e Investigación*, 8, 89-96.
- Delgado, Á. D. G., Ruiz, Y. Y. P., Córdoba, L. S., López, L. M., & Kafarov, V. (2014). Experimentación y optimización conjunta de la disrupción celular de microalgas y extracción soxhletde aceite para alimentación y biocombustibles. *Publicaciones e Investigación*, 8, 127-136.
- Devia Pineda, J. E. (2003). Proceso para producir pectinas cítricas. Universidad EAFIT. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/918/823>
- Díaz, J. M. G., Díaz, N. G., & Cuellar, A. M. Q. (2010). Comparación entre los índices de agua potable IAP y los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA utilizados para la determinación de la calidad del agua para consumo humano. *Publicaciones e Investigación*, 4, 53-59.
- Fernández, M. F. C., Casallas, D. M. D., & Marín, C. E. M. (2015). Análisis de la calidad del agua del río Bogotá durante el periodo 2008–2015 a partir de herramientas de minería de datos. *Publicaciones e Investigación*, 9, 37-50.
- Fisco, J. A., & Sabogal, D. P. (2014). Reconstrucción de atmósferas sonoras tridimensionales. *Publicaciones e Investigación*, 8, 27-33.
- Fuentes, L. F. Q., & Castelblanco, S. G. (2011). Perfil del sabor del clon CCN51 del cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5, 45-58.
- Fuentes, L. F. Q., Pinilla, M. G., & Mendoza, L. J. (2014). Estandarización de la fase de fermentación “fase i” en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura “*Saccharomyces cerevisiae*”. *Publicaciones e Investigación*, 8, 139-149.
- Garzón, L. J. R., & Jiménez, V. L. L. (2017). Vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río Blanco, en el municipio de La Calera, considerando los escenarios de cambio climático propuestos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca-Car. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 77-88.
- Giraldo, R., Vargas, T., & Gil, H. (2009). Mejoramiento del proceso de deshidratación de uchuva. *Publicaciones e Investigación*, 3, 37-49.
- Guerrero, E. (2017). Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Temas Agrarios*, 22(1). <https://doi.org/10.21897/rta.v22i1.919>
- Jiménez-García, W. G., & Rentería-Ramos, R. R. (2020). Contributions of complexity for the understanding of the dynamics of violence in cities. Case study: the cities of Bello and Palmira,

- Colombia (Years 2010-2016). *Revista Criminalidad*, 62(1), 9-43.
- Jiménez, V. L. L., Ramos, J. J. M., & Guio, D. P. A. (2016). Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano -Irca- y su relación con variables meteorológicas y ubicación Geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012–2013. *Publicaciones e Investigación*, 10, 69-81.
- Laverde, W. E. M., & Bernal, O. A. V. (2015). Herramientas de gestión ambiental para las carreteras de cuarta generación (4g) en Colombia. *Publicaciones e Investigación*, 9, 87-98.
- López Camelo, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s00.htm>
- Martínez, J., & Pino, F. J. (2016). Definición de un modelo de calidad de servicios soportado por tecnologías de la información (TI). *Publicaciones e Investigación*, 10, 49-67.
- Masso, J., & Pardo, C. (2015). Hacia una ontología para el gobierno de desarrollo de software en pymes. *Publicaciones e Investigación*, 9, 99-112.
- Mesa Angulo, O. P., Gabriel, F. J., Ostos Ortiz, O. L., & Rentería, R. R. (2020). Modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica: evaluación de nuevos programas académicos de la Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/1634/28934>
- Milquez-Sanabria, H. A. A. (2017). Digestión anaerobia en dos fases, hidrólisis y metanogénesis, de la semilla de mango (*Mangifera indica*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 91-100.
- Molina, L. D., & Lozano, L. P. (2016). La desertificación del suelo, aspectos y estrategias de lucha. *Publicaciones e Investigación*, 10, 117-127.
- Montañez Carrillo, L., & Lis Gutiérrez, J. P. (2016). Medición de la madurez de la gestión del conocimiento en la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, <https://doi.org/10.22490/25394088.1595>
- Ochoa, N. E., Cruz, I. M., Gil, C. E., Chaves, C. C. S., Grajales, S. K., Vargas, L. L. V., & Páez, A. (2015). Estrategias en la construcción de un prototipo como modelo integral en la gestión investigativa orientado hacia el esquema de negocio. *Publicaciones e Investigación*, 9, 113-134.
- Orozco, L. G., & Urrego, A. I. C. (2016). Modelos de ensuciamiento en intercambiadores de calor tubulares en sistemas indirectos en procesos uht en la industria láctea. *Publicaciones e Investigación*, 10, 95-114.
- Ortega, J. A. T., Rubio, O. F. C., & Orozco, I. H. (2017). Análisis de ciclo de vida para una biorefinería derivada de residuos agrícolas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 13-36.

- Ortiz, I. A. L., & Angulo, H. M. (2016). Percepción de los estudiantes sobre la utilización de videojuegos en cursos de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia-UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, 163-175.
- Parra, C. A. C., & Espinal, J. M. M. (2014). Parámetros técnicos de captura en instrumentos musicales percutidos del folclor colombiano para su uso en bancos virtuales de sonidos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 35-53.
- Pérez, L. A., & Vera, C. A. (2015). Método para medir indirectamente la velocidad de fase en sensores *surface acoustic wave*. *Publicaciones e Investigación*, 9, 65-72.
- Ramírez-del Rio, D., Soto-Mejía, J. A., & Rentería-Ramos, R. R. (2018). Diseño de un modelo bajo el enfoque de dinámica de sistemas para estudiar comportamiento de la dinámica socioeconómica basada en la atención de primera infancia, infancia y adolescencia. *Investigación Operacional*, 39(2), 220-233.
- Reina, C. B., Jiménez, L. N. R., & Pedraza, N. M. (2014). Obtención de biodiesel (etil-éster) mediante catálisis básica a nivel planta piloto derivado de aceites usados de la industria alimenticia. *Publicaciones e Investigación*, 8, 99-116.
- Rentería-Ramos, R. R. & Alfonso, A. V. (2015). Construcción de una red compleja para el estudio de la selectividad de Santiago de Cali por parte de las víctimas desplazadas del conflicto armado en Colombia. *Investigación Operacional*, 36(1), 60-69.
- Rentería-Ramos, R.R., Hurtado-Heredia, R., & Urdinola, B. P. (2019). Morbimortality of the victims of internal conflict and poor population in the Risaralda Province, Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1644.
- Rentería-Ramos, R. R. & Mejía, J. A. S. (2018). Diseño de una sociedad artificial para estudiar la migración forzada por conflicto armado interno en el suroccidente colombiano. *Investigación Operacional*, 39(2), 206-219.
- Rentería-Ramos, R. R. & Soto Mejía, J. A. (2016). Design agent based model to study the impact of social cohesion and victimization in the criminal behavior. *Ingeniería y Ciencia*, <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11294>
- Rentería-Ramos, R., Velasco Bonilla, A., María Burbano, J., & M Vitale, A. (2017). Construcción de clústeres empresariales en el sector de la salud en Santiago de Cali a través del algoritmo Multivariate Fuzzy C-Means. *Economía y Desarrollo*, 158(2), 129-140.
- Rodríguez, J. F. G., Ramírez, A. A., Pérez, L. M., Meza, J. R., & Rentería-Ramos, R. R. (2019). Relación entre la innovación y la productividad laboral en la industria manufacturera de México. *Investigación operacional*, 40(2), 249-254. <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/667>

- Rojas, M. O. A., & Arboleda, L. C. T. (2015). Simulación de redes de sensores inalámbricos: un modelo energético a nivel de nodo-sensor bajo las especificaciones Ieee 802.15. 4tm y Zigbee. *Publicaciones e Investigación*, 9, 13-24.
- Rojas, Y. S. V., Ramírez, L. M. V., & Ortega, J. A. T. (2014). Evaluación de la huella hídrica del lirio japonés (*Hemerocallis*). *Publicaciones e Investigación*, 8, 79-87.
- Sáenz, L. M. B. (2014). Una Visión del sistema de certificación en inocuidad de alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 151-159.
- Samper, J. J. C., & Bolaño, M. R. (2015). Seguridad informática en el siglo XX: una perspectiva jurídica tecnológica enfocada hacia las organizaciones nacionales y mundiales. *Publicaciones e Investigación*, 9, 153-162.
- Sanabria, A. E. R., & Pérez, J. R. R. (2015). Catalizadores organometálicos en la industria química. *Publicaciones e Investigación*, 9, 51-64.
- Sánchez, I. C. N., & Alfonso, J. N. M. (2019). Revisión: estimación de deficiencias en la calidad del huevo. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 103-110.
- Sánchez, N. J. Z. (2014). Simulación de un sistema de desodorización de aceite vegetal por medio de un control industrial automatizado. *Publicaciones e Investigación*, 8, 119-125.
- Sendoya, D. F. (2013). ¿Qué es el control predictivo y hacia dónde se proyecta? *Publicaciones e Investigación*, 7, 53-59.
- Sierra, G. I. L., & Gonzalez, N. V. Y. (2014). Estudio descriptivo mediante análisis multicriterio de la cadena agroalimentaria de la panela. *Publicaciones e Investigación*, 8, 161-183.
- Tangarife, J. H., & Acevedo, Y. V. N. (2015). Video juego interactivo mediante Sdk Kinect 1.6 para apoyar la educación básica primaria de niños entre 5 a 10 años de edad. *Publicaciones e Investigación*, 9, 25-36.
- Toro, R. O. (2017). Biocompuestos a base de almidón termoplástico, ácido poliláctico y cascarilla de arroz: efecto del aceite epoxidado de soya. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 49-55.
- Waltero, H. E. P. (2015). Arquitectura de un laboratorio remoto desde el enfoque de la formación de ingenieros en ead. *Publicaciones e Investigación*, 9, 147-152.