

EVALUACIÓN DEL BAGAZO DE SÁBILA PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA A ESCALA DE LABORATORIO.

MSc. Maria Eugenia Moreno Quintero
mariomoreno@gmail.com
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda

T.S.U. Julio César Gutiérrez
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda

Br. Delington Márquez Méndez
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda

Br. Noel José Heredia Perozo
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda

Recibido: 24 de marzo de 2016
Aprobado: 25 de junio de 2016

RESUMEN

Este estudio tiene la finalidad de obtener pectina a partir del bagazo de Sábila para aprovechar los residuos sólidos producto del procesamiento de dicha planta con miras a integrarlos al proceso productivo y beneficiar de esta forma al medio ambiente. Para llevar a cabo esta investigación, se caracterizó el bagazo determinándose humedad (5,92%), cenizas (4,91%), proteína (4,11%), nitrógeno (4,43%), acidez (0,12%), carbono (7,53%), densidad (0,7 g/mL), pH (6,43) y contenido total de pectina (14,98%). Seguidamente, se realizó un diseño de experimentos (factorial multinivel (3^3)), con el software Statgraphics Centurion XV, para determinar los parámetros para un máximo rendimiento de pectina, estableciéndose éstos a pH 1,5; temperatura: 90°C y tiempo de 60 minutos., para un rendimiento de 11,45% por cada 10 g de muestra de bagazo seco. En la caracterización fisicoquímica de la pectina extraída se determinó que es soluble en agua y de rápida gelificación, es de alto contenido de metoxilo, y el porcentaje de ácido anhidrouónico indica que es de alta pureza.

PALABRAS CLAVES: Pectina, Hidrólisis ácida, Residuos sólidos, Bagazo, Sábila.

EVALUATION OF LABORATORY BAGAZO FOR THE EXTRACTION OF PECTIN TO LABORATORY SCALE.

ABSTRACT

This study aims to obtain pectin from bagasse Aloe Vera to take advantage of solid waste arising from processing of the plant in order to integrate the production process and thus benefit the environment. To carry out this research, bagasse was characterized determining moisture (5.92%), ash (4.91%), protein (4.11%), nitrogen (4.43%), acidity (0.12%), carbon (7.53%), density (0.7 g / mL), pH (6.43) and total content of pectin (14.98%). Next, a design of experiments (multi-factorial (33)), with the Statgraphics Centurion XV software was performed to determine the parameters for maximum performance of pectin, establishing them at pH 1.5; temperature: 90 ° C and time of 60 minutes for a yield of 11.45% per 10 g of sample dry bagasse.. In the physicochemical characterization of pectin extracted it is determined that is water soluble and rapid gelation is high methoxyl content, and the percentage of acid anhydrouronic indicates that it is high purity.

KEY WORDS: Pectin, Acid Hydrolysis, Solid waste, Bagasse, Aloe.

INTRODUCCIÓN.

La sábila (Aloe vera) es una planta perenne, con hojas dispuestas en rosetas de forma alargada, que alcanza los 50 cm de largo y 7 cm de grosor, las hojas están compuestas de tres capas: una protección coriácea exterior, debajo de ésta una capa fibrosa donde se concentra la aloína, un ingrediente utilizado como laxante. Después se encuentra el gelatinoso corazón que es utilizado para innumerables productos farmacéuticos. (Piña y Azócar, 2005); (Piña, 2010).

Contiene en la mayoría de la parte interior de las hojas un gel que posee aproximadamente el 98,6 % de agua. El 1,4 % restante posee más de 75 nutrientes donde se encuentran 20 minerales, 12 vitaminas, 18 aminoácidos, incluyendo 200 compuestos que son llamados Fito-nutrientes. (Domínguez *et al.*, 2012)

Sin embargo, durante el procesamiento de la sábila se genera una gran cantidad de residuos sólidos como: cáscaras, puntas y el bagazo. En la actualidad el material de desecho se trata como un recurso para ser explotado, en vez de como

un problema que hay que eliminar. La recuperación de estos residuos es ahora una adecuada vía para la obtención de diversos subproductos debido al alto porcentaje de residuos que se generan en los diversos procesos productivos. (Saval, 2012).

El interés principal de esta investigación es el aprovechamiento del bagazo de Aloe vera para la obtención de pectina, la cual tiene aplicación en la industria de alimentos por sus propiedades espesantes, estabilizantes y gelificantes para la fabricación de néctares, mermeladas y confituras y contribuir así a la reducción del impacto ambiental que generan sus residuos.

La pectina, proviene de la palabra griega "Pekos" (denso, espeso, coagulado), es una sustancia mucilaginosa de las plantas superiores. Esta asociada con la celulosa y le otorga a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua. (Fuentes, 2013)

La cantidad de residuos agroindustriales generados en el procesamiento de la hoja entera de Sábila (Aloe vera) y que se consideran desperdicios, pueden ser racionalmente empleados para la extracción de materias primas que, como la pectina, pueda ser empleada en la producción de alimentos o productos farmacéuticos. (Ferreira,1995).

A nivel mundial la pectina se extrae de frutas cítricas y de la manzana. (García y Penagos, 2011). Se estima que el consumo anual de pectina, para el año 2011, es de 45 millones de kilogramos (Sánchez et al., 2011) . También se reporta (Arellanes *et al.*, 2011) que el consumo sobrepasa las 20mil toneladas al año. Los principales países productores de pectina son Estados Unidos, Dinamarca y Alemania, mientras que en Venezuela se importa la sustancia.

Esto indica la importancia no solo a nivel de aditivo, sino a nivel económico los costos que se podrían ahorrar si existiera la factibilidad de obtener pectinas de calidad para ser usadas en la industria venezolana.

Para la obtención de pectina, se aplicó la técnica de hidrólisis ácida (HCl) estableciéndose las mejores condiciones para la obtención de un máximo

rendimiento de pectina a partir del bagazo de sábila. Los parámetros evaluados fueron pH, temperatura y tiempo alcanzándose un rendimiento de 11,45 % de pectina por cada 10 gramos de bagazo. La pectina extraída se caracterizó en cuanto a su grado de esterificación, contenido de metoxilo y contenido de ácido anhidrourónico, resultando una pectina soluble en agua, de gelificación rápida y con un alto grado de pureza.

El interés principal de esta investigación es el aprovechamiento del bagazo de *Aloe vera* para la obtención de pectina; y de esta forma contribuir a la reducción del impacto ambiental y económico generado en el procesamiento de la hoja de *Aloe vera*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización fisicoquímica del bagazo de Sábila.

Se realizaron pruebas al bagazo de sábila con la finalidad de caracterizarlo, y establecer comparaciones con otras materias primas de las cuales se extrae pectina. Se realizaron los siguientes análisis: Humedad (AOAC 14004); determinación de pH (Covenin 1315:1979), ceniza (Covenin 1115:1981), acidez libre (AOAC 939:05), densidad (Covenin 367), Carbono total (García y Ballesteros, 2005), Nitrógeno y Proteína (Lees, s.f.), Cuantificación de pectina (NMX-F-347-S-1980) que aportaron mayor información acerca de la materia prima estudiada.

Aplicación de la Hidrólisis ácida. Determinación de parámetros óptimos.

Se aplicó un diseño de experimentos factorial 3^3 , estableciéndose como factores experimentales: pH, Temperatura y tiempo a tres niveles. Como variable respuesta se estableció el rendimiento de pectina. Se realizaron 30 corridas, incluyendo 3 puntos centrales por bloque. Las muestras del bagazo de sábila, se sometieron a una hidrólisis ácida, se utilizaron soluciones acidificadas con ácido clorhídrico (HCl) concentrado, a distintos tiempos de residencia (30, 60, 90 minutos) y temperaturas sobre el proceso de (60, 75 y 90 °C) además se variaron los pH

(0,5; 1 y 1,5). Utilizándose 10 g de bagazo de sábila seco y molido, como muestra para todas las hidrólisis y 200 mL de agua como solvente. Los datos experimentales fueron procesados con el STATGRAPHICS Centurion XV.

Caracterización fisicoquímica de la pectina extraída del bagazo de Sábila.

Se determinó características tales como: grado de esterificación, contenido de metoxilo y contenido de ácido anhidrouónico (Gamboa, 2009), esto con la finalidad de establecer sus comparaciones con los parámetros de las pectinas comerciales y con los encontrados en pectinas extraídas de otras materias primas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al caracterizar el bagazo de sábila se determinaron sus características de interés para este estudio, a continuación se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 1. Resultados de la caracterización fisicoquímica del bagazo de Sábila.

Parámetros	Valor promedio
Humedad (%)	5,926 ± 0,868
Ceniza (%)	4,918 ± 1,565
Acidez (%)	0,122 ± 0,0004
Carbono (%)	7,539 ± 0,1182
Nitrógeno Amoniacal (%)	4,431 ± 0,0943
Proteína Cruda (%)	0,701 ± 0,0150
pH	6,438 ± 0,0104
Densidad (g/mL)	0,700 ± 0,00021
Pectato de calcio (%)	14,988 ± 1,132

A continuación en la Tabla 2 se comparan los resultados de la caracterización del bagazo de sábila con otras materias primas de las cuales se extrae pectina.

Tabla 2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Materia prima Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8
Humedad (%)	5,93	8	84,34	68,04	87,74	-	5,20	85,9
Ceniza (%)	4,92	3	0,32	3,89	1,96	-	2,09	3,29
Acidez (%)	0,12	-	2,90	-	-	3,2	-	0,29
Proteína Cruda (%)	4,11	7,5	0,56	0,51	0,54	-	-	6,16
pH	6,43	-	-	-	-	2,9	-	3,93
Pectato de calcio (%)	14,98	-	25,13	8,40	8,00	4,90	-	17

1: Bagazo de sábila; 2: Bagazo de melocotón (Pagán, 1995); 3: Manzana (Untiveros, 2003); 4: Pulpa de níspero (Chasquibol et al., 2008); 5: Mesocarpio de granadilla (Chasquibol et al., 2008); 6: Cáscara de parchita (Rivadeneira and Cáceres, 2010); 7: Cáscara de mango (Contreras et al., 2010); 8: Cáscara de naranja (Cerón and Cardona, 2010).

Al comparar los parámetros fisicoquímicos evaluados para el bagazo de sábila con respecto a otras materias primas (Tabla 2) utilizadas para la extracción de pectina, se puede observar que el porcentaje de humedad es bajo comparado con el de manzana, cáscara de naranja y el de mesocarpio de granadilla los cuales son superiores al 80%. Sin embargo, el porcentaje de humedad es similar al de la cáscara de mango y cercano al de bagazo de melocotón.

En cuanto al contenido de cenizas el reportado para el bagazo de sábila es ligeramente superior a los reportados para la pulpa de níspero y para la cáscara de naranja; para las otras materias primas el contenido de cenizas no superó el 3 % siendo el más bajo el reportado para la manzana.

La acidez del bagazo se ubicó en 0,12 %, valor éste bajo comparable al contenido de acidez de la cáscara de naranja. El contenido de proteína del bagazo de sábila es superior al reportado para las manzanas, pulpa de níspero y granadilla, pero es bajo al ser comparado con el valor reportado para el bagazo de melocotón y cáscara de naranja. El pH del bagazo de sábila se ubicó en 6,43 este valor es superior al reportado para la cáscara de parchita y de naranja, los cuales son bajos (<4).

También se determinó el contenido total de pectina en la materia prima presente como Pectato de calcio, este valor se ubicó en 14,98 % para el bagazo de sábila. Si se compara este valor con el reportado para la pulpa de níspero, el mesocarpio de granadilla y cáscara de parchita, se encuentra que es superior, pero está por debajo del reportado para la manzana y cercano al reportado para la cáscara de naranja.

Al comparar los parámetros evaluados al bagazo de sábila con respecto a otras materias primas de las cuales se extrae pectina, se evidencia que éste posee características aceptables para ser utilizado para la extracción de pectina.



Figura 1. Bagazo de sábila lavado y secado.

Se aplicó la técnica de hidrólisis ácida variando las condiciones de extracción para así determinar los parámetros óptimos (pH, temperatura, tiempo) que proporcionarán el máximo rendimiento de pectina.

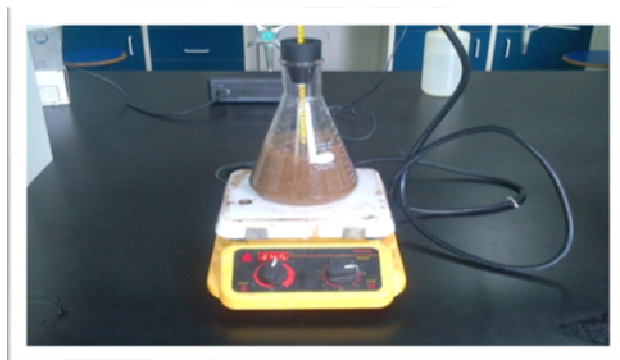


Figura 2. Hidrolisis ácida durante el calentamiento.

Los datos experimentales fueron procesados con el STATGRAPHICS Centurion XV.

En la Tabla 3, se muestra el ANOVA donde se reporta en la última columna el valor-P para cada variable y sus posibles interacciones y solo las que tienen este valor inferior a 0,05 resultan significativas sobre el rendimiento de pectina para un 95% de confianza, por lo anterior se tiene a la temperatura con efecto positivo, indicando que en la medida que la temperatura se incrementa, el rendimiento de pectina es mayor. El resto de las variables no logran sobrepasar el valor-P (0,05), según se observa en la tabla.

Tabla 3. Análisis de varianza para rendimiento (ANOVA)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:pH	1,96	1	1,96	2,14	0,1600
B:Temperatura	11,7992	1	11,7992	12,87	0,0020
C:tiempo	2,97563	1	2,97563	3,25	0,0875
AA	10,5013	1	10,5013	11,46	0,0031
AB	3,51125	1	3,51125	3,83	0,0652
AC	0,11045	1	0,11045	0,12	0,7323

BB	13,8602	1	13,8602	15,12	0,0010
BC	0,08	1	0,08	0,09	0,7709
CC	211,366	1	211,366	230,60	0,0000
bloques	0,38988	1	0,38988	0,43	0,5221
Error total	17,4153	19	0,916593		
Total (corr.)	289,469	29			

También resultan significativas sobre el rendimiento de pectina con un 95% de confianza las interacciones cuadráticas de cada una de las variables estudiadas. Así el tiempo (t^2) tiene un efecto negativo (Valor-P $>0,05$), esto significa que a mayor tiempo de residencia, o de contacto, se obtendrá menor rendimiento de pectina. En el caso de la temperatura (T^2) y el pH (pH^2) tienen efecto positivo (Valor-P $<0,05$), por lo tanto, en la medida que se incremente el valor de la variable, es mayor su interacción cuadrática lo cual favorecerá la extracción de pectina.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 93,98% de la variabilidad en rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es de 91,28% y el estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos este valor se ubicó en 2,44. En la figura 3 se muestran los efectos principales de las variables estudiadas sobre el rendimiento de la pectina. Según se observa tanto para el pH y la temperatura existe un mínimo rendimiento en 1 y 75°C respectivamente. Mientras que para el tiempo existe un máximo rendimiento en 60 minutos. A pH bajo y tiempo de 30 minutos se obtuvo un rendimiento bajo en todas las temperaturas, esto ocurre debido al poco tiempo en el que se realiza la hidrólisis y obteniéndose una pectina muy fina que pasaba por los poros del liencillo y no se podía filtrar. Mientras que para temperaturas de 90 °C y tiempos de residencia de 90 minutos para todos los pH,

no se obtuvo buenos resultados en cuanto a rendimiento; esto ocurre por el poco sobrenadante que se obtenía debido a la evaporación del agua en la solución a hidrolizar.

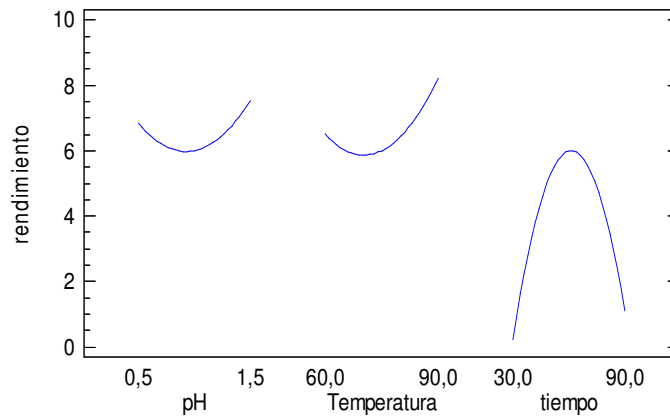


Figura 3. Comportamiento del rendimiento de pectina. Hidrólisis ácida.

Este comportamiento se corrobora en la figura 4, donde se representa la superficie de respuesta para un tiempo de 60 minutos.

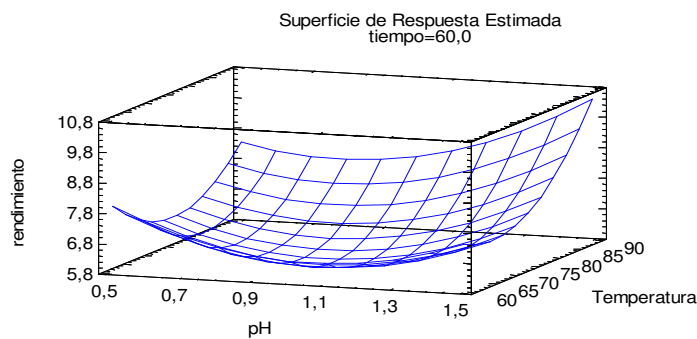


Figura 4. Superficie de respuesta. Hidrólisis ácida.

Según se observa el mayor rendimiento de pectina (11,45%), se obtiene para un valor de pH de 1,5 y una temperatura de 90°C. Por último, en la figura 5 se presenta el comportamiento de los residuos, es decir teniendo en cuenta el

rendimiento de la pectina obtenida experimentalmente y el estimado para el modelo ajustado. Según se observa los residuos se encuentran normalmente distribuidos, lo cual indica que no existe correlación entre ellos.

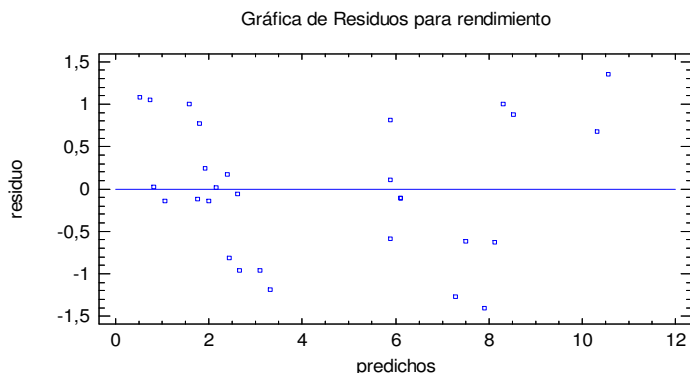


Figura 5. Análisis de los residuos. Hidrólisis ácida.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos puede utilizarse el siguiente modelo para predecir el rendimiento de pectina del bagazo de Sábila mediante la hidrólisis ácida:

$$\text{Rendimiento} = 49,3686 - 12,8323 \cdot \text{pH} - 1,13044 \cdot \text{Temperatura} + 6,41615 \cdot \text{pH}^2 + 0,00791795 \cdot \text{Temperatura}^2$$



Figura 6. Precipitado de la pectina.

A continuación en la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de la pectina extraída del bagazo de sábila.

Tabla 4. Grado de esterificación, porcentaje de metoxilo y porcentaje de ácido anhidrourónico.

Grado de Esterificación %	% Metoxilo	% Acido Anhidrourónico
61,53	14,88	68,64

La pectina extraída posee un alto grado de esterificación, por lo que presenta alta solubilidad en agua y es de rápida gelificación; en cuanto al contenido de metoxilo indica que es soluble con iones calcio y poco soluble en presencia de azúcar y ácidos. El porcentaje de Ácido Anhidrourónico permite tener una idea de la pureza de la pectina obtenida; es decir, que la misma es de alta pureza.



Figura 7. Filtrado de la pectina extraída.

A continuación en la Tabla 5 se compara las características fisicoquímicas de la pectina extraída del bagazo de sábila con las características de las pectinas extraídas de otras materias primas así como con la pectina comercial.

Tabla 5. Comparación de las características fisicoquímicas de las pectinas extraídas de diferentes materias primas.

Materia prima	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parámetros									
Rendimiento (%)	11,45	5,40	25	23,85	21,60	11,11	1,24	49,7	-
Grado de esterificación (%)	61,53	-	-	86,24	88,79	69,75	90,2	72,43	81,5
Contenido de metoxilo (%)	14,88	74	11,59	14,55	14,40	8,62	4,82	1,80	Min. 6,70
Contenido de ácido anhidrouónico (%)	68,64	55	76,30	87,93	85,99	70,43	48,46	37,11	Min. 65

1: Bagazo de sábila; 2: Bagazo de melocotón (Pagán, 1995); 3: Manzana (Untiveros, 2003); 4: Pulpa de níspero (Chasquibol et al., 2008); 5: Mesocarpio de granadilla (Chasquibol et al., 2008); 6: Cáscara de parchita (D'Addosio et al., 2006); 7: Cáscara de mango (Ferreira et al., 1995); 8: Cáscara de naranja (Cerón and Cardona, 2010); 9: Pectina comercial. (Food Chemicals Codex (FCC); U.S. Pharmacopeial Convention (USP)).

Al comparar los rendimientos de pectina obtenidos de las diferentes materias primas con la pectina extraída del bagazo de sábila (Tabla 5), se observa que el rendimiento de pectina obtenido para el bagazo de sábila (11,45%) se encuentra por debajo del obtenido de la cáscara de naranja y por debajo del obtenido para la granadilla, níspero y manzana, pero es superior al obtenido para la cáscara de mango y el bagazo de melocotón y es similar al obtenido para la cáscara de

parchita.

En cuanto al grado de esterificación, el obtenido del bagazo de sábila se encuentra por debajo al reportado para las materias primas e incluso para la pectina comercial, sin embargo es cercano el valor al reportado para la cáscara de parchita y el valor obtenido la califica como una pectina de gelificación rápida.

Para el contenido de metoxilo este es superior incluso que el exigido para las pectinas comerciales, el valor es superado por el valor reportado para el bagazo de melocotón; y el contenido de ácido anhidrourónico es también superior al 60% e inclusive superior al reportado para la cáscara de naranja y al exigido en pectina comerciales lo que indica que es una pectina de alta pureza.

CONCLUSIONES

Es posible aprovechar el bagazo de sábila para la obtención de pectina con un rendimiento de 11,45% base seca.

La extracción de pectina del bagazo de sábila es posible mediante la aplicación de la hidrólisis ácida, obteniéndose pectina de alta pureza.

La pectina extraída es apta para su uso en la industria alimentaria ya que la misma cumple con las características exigidas para pectinas comerciales.

REFERENCIAS

- AOAC 939.05. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *Determinación de Acidez libre*. (2000).
- AOAC 14004. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *Determinación de humedad*. (2000).
- Arellanes, A. et al. "Obtención y caracterización de la pectina extraída de la cáscara de cambúr manzano (Musa AAB)". *Revista de la facultad de Agronomía (LUZ)*, 2011, núm. 28, pp 523-539.

- Cerón-Salazar, I., y Cardona-Alzate, C. "Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja". *Ingeniería y ciencia*, 2011, vol 7, núm. 13, pp. 65-86.
- Contreras, J. et al. "Extracción enzimática de pectina de mango". Departamento de investigación de alimentos. Universidad de Coahuila. México. 2010 PIÑA, H., y AZÓCAR, R. "Tipología de la producción primaria de zábila (*Aloe barbadensis L.*) en el estado Falcón, Venezuela". *Bioagro*, 2005, vol. 25, núm. 1, pp. 25-34.
- Covenin, Norma 1315:1979. Alimentos. *Determinación del pH*. Norma Venezolana. (1979).
- Covenin, Norma 1155:1981. Alimentos. *Determinación de Ceniza*. Norma Venezolana. (1981).
- Covenin, Norma 367. Alimentos. *Determinación de densidad*. Norma Venezolana.
- Chasquibol, N. et al. "Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana". *Ingeniería Industrial*, 2008, vol. 26, pp. 175-199.
- D'addosio, R. et al. "Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*)". *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 2005, vol. 22, pp. 240-249.
- Dominguez, R. et al. "El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria". *Revista mexicana de Ingeniería Química*, 2012, vol.1, núm. 1, pp. 23-43.
- Ferreira, S. et al. "Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos industriales del mango (cáscara)". *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 1995, vol. 24, pp. 29-34.
- Fuentes, Luis. "Comparación de los métodos de extracción soxhlet, extracción asistida por microondas y extracción asistida por ultrasonido en el proceso de obtención de extracto de Aloe vera". Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas, Venezuela. 2013.
- García, J. y Ballesteros, M. "Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de Carbono Orgánico en suelos". *Revista Colombiana de Química*, 2005, vol. 34, núm. 2, pp.201-209.
- Gamboa, M. "Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica L.*), de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y bocado como materias primas para la obtención de pectinas". Director: Sheila Duerto. Tesis de maestría, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Puerto la Cruz, Venezuela, 2009.
- García, C. y Penagos, E. "El entorno comercial de la pectina en la industria antioqueña". *Revista Soluciones de postgrado EIA*, 2011. núm. 7, pp 121-131.
- Lees, R. "Análisis de los alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad". Segunda edición. Editorial ACRIBIA. España.

- Piña, Henri. Circuito agroalimentario Zábila. Coro. Fundacite-UNEFM. 2010. 156 pp. ISBN 978-980-245-025-1.
- Rivadeneira, M. y CÁCERES, P. "Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de maracuyá y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia". Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2010. 4pp.
- Sánchez, D. et al. "Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque". Tecnociencia Chihuahua, 2011, vol. V, núm. 2. pp. 76-82.
- Saval, S. "Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro". Revista Biotecnología, 2012, vol.16, núm. 2, pp 14-46.
- Pagan, Jordi. "Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina de bagazo de melocotón. Tesis de doctorado. Universidad de Lleida.1995.
- Untiveros, Silvia. "Obtención y caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac". Revista de la Sociedad Química de Perú, 2003, vol. 69, núm. 3, pp. 155-162.