

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BIOMASA RESIDUAL DE LA PLANTA DE PIÑA VARIEDAD MD2 PROVENIENTE DE GUÁCIMO, LIMÓN

Andrea Irías*, Giselle Lutz.

Escuela de Química, Universidad de Costa Rica

Recibido mayo 2014; aceptado diciembre 2014

Abstract

Moisture content, lignin, holocellulose, nitrogen and mineral contents (potassium, calcium, iron, magnesium, sodium) were determined in the stover biomass, resulting from the harvesting of pineapple plant MD2 in February 2009 in the Guácimo region. The analytical methodology included solvent extraction, Kjeldahl digestion/titration and atomic absorption spectrometry. Differences were found in chemical composition between the material analyzed and those reported for other regions, which must be specified to ensure utilization of stover biomass and its proper fertilization for obtaining good yields, and preserving the integrity of the farming activity.

Resumen

Se determinó durante el mes de febrero del año 2009, el contenido de humedad, ligninas, holocelulosa, nitrógeno y minerales (potasio, calcio, hierro, magnesio, sodio) en la biomasa residual de la planta de piña variedad MD2 de la región de Guácimo, mediante los métodos extracción con disolventes, Kjeldahl y espectrometría de absorción atómica. Se observaron diferencias en la composición química reportada para cultivos de otras regiones, lo cual debe ser tomado en cuenta para el aprovechamiento de la biomasa residual y una adecuada fertilización que no dañe el ambiente.

Key words: *Ananas comosus*, composition, fertilizer, residual biomass.

Palabras clave: *Ananas comosus*, composición, fertilizante, biomasa residual

I. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus*) se cultiva en Costa Rica desde hace más de 50 años. En un principio, la producción se destinó al consumo local y en menor proporción a la industrialización de pulpas, mermeladas y enlatados. La exportación de la fruta variedad Cayena Lisa se inició en 1986, luego le siguió la del tipo Champaka y a partir de 2001 la de la variedad MD2. Posteriormente las plantaciones se cambiaron por la MD2, lo cual se considera el factor que disparó las exportaciones de la fruta, dado que ellas han aumentado en un 650 % en 13 años [36].

La piña MD2, también llamada amarilla o dorada por su color, corresponde a una fruta grande, uniforme y fibrosa, con resistencia al oscurecimiento interno, muy dulce y jugosa, por lo que es comercializable [26]. Esta variedad es la de preferencia en el mercado internacional y la que logra mayores precios, dados sus atributos sensoriales [7, 13, 16, 22]. La planta es de rápido crecimiento, presenta un ciclo de producción más corto que otras variedades y los rendimientos de producción son altos [7, 13, 15, 19, 22, 32]. El ciclo vegetativo comercial es de 27 meses, y durante él

* Autor para correspondencia: andrea.iriass@ucr.ac.cr

se cosechan dos frutas, la primera a los 15 meses y la segunda 12 meses después. Las coronas de piña y las frutas inservibles que no cumplan con los parámetros de calidad establecidos, se desechan luego de la recolección. Pasadas las dos cosechas se elimina el rastrojo y se siembra de nuevo. Este cultivo produce aproximadamente cuatro millones de toneladas de biomasa residual cada dos años [28].

Alrededor de un 61 % de los residuos biomásicos producidos en Costa Rica no son utilizados, generalmente porque no están debidamente caracterizados y sus propiedades no son conocidas por las empresas generadoras. Lo usual es dejarlos en la plantación en donde se descomponen naturalmente y forman abono orgánico o compostaje. Los que se utilizan (cascarilla del arroz, bagazo de la caña, broza del café, pinzote de la palma, raquis del banano y otros) son tratados con el fin de generar la energía requerida en el mismo proceso agroindustrial o para la producción de alimento para animales [20].

El cuadro 1 muestra resultados de algunos estudios realizados a la biomasa de piña en distintos lugares.

CUADRO 1. Composición química de muestras de corona y rastrojo de piña variedad MD2 de diversas procedencias.

Cantidad en % m/m	Rastrojo		Corona
	Córdoba (Sarapiquí, Costa Rica) [12]	Chongwen (China) [9]	Hernández (México) [18]
Humedad	86	-	-
Cenizas b.s.	12	2-3	4
Extractos en etanol/tolueno b.s.	17	-	9
Extractos en etanol b.s.	-	-	0,24
Extractos en agua caliente b.s.	20,5	-	-
Lignina b.s.	8	9-13	12
Holocelulosa b.s.	66	72-81	70

b.s.: base seca

Si se analizan los valores reportados para la zona de Sarapiquí, se pueden apreciar varias situaciones. Por ejemplo, el alto contenido de humedad representa desventajas a la hora de la combustión, almacenamiento y transporte de la biomasa, con el propósito de aprovecharla como fuente de energía para calderas y quemadores en forma directa o como pellets, ya que gran parte de la energía obtenida debe ocuparse en evaporar el agua. Una combustión resulta incompleta con producción de carbón, monóxido de carbono y partículas, y el valor ideal de humedad no debe superar el 20 %, aunque la mayoría de los hornos empiezan a operar pobremente a valores cercanos al 50 % [14, 23]. Por otro lado, la humedad propicia el desarrollo de hongos y proliferación de insectos durante el almacenamiento de la biomasa, lo que implica un riesgo higiénico. Además, la biomasa húmeda implica un alto peso a trasladar con baja proporción de carbohidratos, holocelulosa, lignina y otros ingredientes aprovechables.

En contraposición, el alto contenido de humedad puede representar una ventaja para la producción de biogás y para la formación de compostaje porque los microorganismos fermentativos involucrados necesitan humedad para actuar y reproducirse.

Un alto porcentaje de cenizas en la biomasa indica dificultades en su uso como combustible debido al bajo poder calórico que genera y a la formación de incrustaciones en las piezas metálicas de los hornos, un ejemplo de ello es el caso de la biomasa de piña de Sarapiquí [12].

La extracción de la biomasa con mezcla etanol/tolueno involucra resinas, ceras, aceites, clorofilas, carotenoides y gomas poco polares, mientras que la extracción con etanol taninos condensados y clorofilas y el agua caliente también extrae taninos, pero además gomas polares, azúcares, almidones, saponinas, material colorante y minerales hidrosolubles [18]. Estos compuestos presentan alto valor agregado dado que pueden separarse y purificarse para aprovecharlos en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, sin embargo se encuentran en baja proporción. Por ejemplo, las gomas se utilizan como espesantes, emulsificantes y estabilizantes; los carotenoides y los taninos se pueden utilizar como antioxidantes, a su vez, los primeros sirven como pigmento natural; las ceras y resinas tienen usos como conservantes e impermeabilizantes de maderas, telas, papel y cuero, así como parte de las formulaciones cosméticas. Los taninos además se usan como componentes en formulaciones cosméticas por sus propiedades astringentes y antisépticas, las saponinas y algunos lípidos se utilizan en la formulación de productos de limpieza por su carácter emulsificante, y los azúcares, almidones y lípidos se pueden usar como aditivos para alimentos [6].

La piña es un cultivo muy demandante de nutrimentos, por esa razón la fertilización es casi siempre necesaria cuando se busca comercializar la fruta, y aun así, el cultivo requiere una renovación periódica para mantener su calidad [2].

El desarrollo y la calidad de la fruta están muy influenciados por el nitrógeno y el potasio. El primero proporciona una fruta grande pero tiende a reducir los niveles de sólidos solubles y la deseada acidez. El segundo es el que más influye en la buena calidad de la fruta. Como sucede con muchos vegetales, la fertilización de la piña es cambiante, depende de la variedad, condición edáfica, sistema de cultivo y masa deseada de la fruta, entre otros [25].

Expertos en nutrición de plantas han lanzado la voz de alarma sobre los problemas ambientales que están causando las altas cantidades de fertilizantes que se emplean en los cultivos. El nitrógeno es uno de los más utilizados por los agricultores, su uso excesivo puede provocar serios perjuicios para la atmósfera y para las fuentes de agua. Las sales de nitrato son muy solubles, por lo que la posibilidad de que se produzca la lixiviación del anión es elevada teniendo en cuenta el bajo poder de adsorción que presentan la mayoría de los suelos para las partículas cargadas negativamente. Si se concentran en fuentes de agua puede originarse la eutrofización del medio. Otro inconveniente de los nitratos es que pueden convertirse, mediante degradación natural, en óxido nitroso (N_2O), el cual presenta un efecto invernadero 310 veces más poderoso que el dióxido de carbono [31]. Para prevenir estos problemas es indispensable que se conozcan las necesidades reales de nutrimentos en la plantación y se eviten los abusos de fertilizantes.

El objetivo del actual trabajo es determinar la composición química de la biomasa residual del cultivo de piña variedad MD2, con la finalidad de tener una guía de interpretación [17] [25] [27] para el aprovechamiento adecuado de los residuos, y el tipo y cantidad de fertilizantes a usar en este cultivo, de forma que se permita evitar excesos innecesarios.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El rastrojo y corona de piña variedad MD2 se obtuvieron de Guácimo, Limón (latitud $10^{\circ}12'46''N$, longitud $83^{\circ}41'12''O$, elevación 114 msnm), en febrero de 2009, mediante un muestreo aleatorio sin reposición. El tipo de suelo presente en la zona de Guácimo es rojizo, profundo, arcilloso, ácido y mal drenado, donde hay buenas reservas de hierro, pero también se ha acumulado mucho cobre por la práctica del cultivo del banano en el pasado [10].

El parámetro de humedad se determinó por triplicado en mezclas homogenizadas de 2 500 g de rastrojo y 600 g de corona, las cuales corresponden a una planta y dos frutas maduras. La humedad se midió mediante calentamiento en estufa a 105 °C hasta masa constante.

Se determinó el calor de combustión del conjunto de corona y rastrojo de piña secos mediante bomba calorimétrica, siguiendo el procedimiento descrito por la Norma ASTM D-5865-07 “Standard test method for gross calorific value of coal and coke” [4].

Para determinar la composición química, el material de la corona y rastrojo de piña se procesaron por aparte. Se cortaron en pedazos, se secaron en estufa a 90 °C por 8 horas y se molieron hasta tamiz malla número 40, según lo estipulado en la Norma TAPPI T-257 cm-02 “Sampling and preparing wood for analysis” [34].

La corona y el rastrojo ya procesados, cada uno por separado, se sometieron a análisis de cenizas totales, sólidos totales, extractos totales, lignina total y holocelulosa, según los procedimientos establecidos en la Norma TAPPI T-264 cm-97 “Preparation of wood for chemicals analysis” [35].

La determinación del contenido de cenizas totales se llevó a cabo por incineración en mufla, siguiendo el procedimiento descrito por la Norma ASTM E-1755-01 “Standard test method for ash in biomass” [5]. Los minerales potasio, calcio, hierro, magnesio, sodio se analizaron en las cenizas, también por triplicado, mediante espectroscopia de absorción atómica por el método AOAC 985.35 [3] y espectrofotometría [11].

El análisis de sólidos totales se realizó mediante extracción por Soxhlet usando como disolventes a- una mezcla de etanol 95% v/v y tolueno en relación 1 a 2, b- etanol 95% v/v, c- agua destilada caliente.

Se determinó el contenido de lignina insoluble y soluble en ácido en las muestras secas libres de extractos totales. La cuantificación de la lignina insoluble en ácido se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito por la Norma TAPPI T-222 om-02 “Acid-insoluble lignin in wood and pulp” [33] y para la determinación del contenido de lignina soluble en ácido se tomó como referencia el procedimiento NREL/TP-510-42618 “Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass” descrito en el Manual de análisis de la composición química de biomasa, desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables del Departamento de Energía de Estados Unidos [30]. El contenido de lignina total se obtuvo por la suma del porcentaje de ambos tipos de lignina y se hizo extrapolación al contenido de lignina total presente en las muestras secas originales.

La determinación del contenido de holocelulosa se hizo por diferencia del 100 por ciento y la sumatoria del contenido de humedad, cenizas, extractos totales y lignina total presentes en las muestras originales.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad y nitrógeno presente en mezclas homogenizadas correspondientes a una planta y dos coronas de piña MD2 de la zona de Guácimo, Limón en febrero del 2009 fue de $(80,00 \pm 0,09)$ g/100 de material y $(0,24 \pm 0,02)$ g, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por Alpízar [1] en la misma variedad MD2 de piña en la zona de Sarapiquí: $(85,8 \pm 0,4)$ g/100 y $(0,34 \pm 0,04)$ g.

Los calores de combustión de la corona y rastrojo fueron $17,1 \pm 0,5$ kJ/g y $16,1 \pm 0,3$ kJ/g respectivamente, valores no muy distantes al de la leña, que es de 20 kJ/g [8]. Estos datos corresponden a corona y rastrojo en base seca, por lo que hay considerar la cantidad de energía que

debe suministrarse para eliminar el agua de la biomasa residual. Se recomienda el uso de secadores solares con la finalidad de disminuir costos.

La cantidad de cenizas en g/100 g de corona fue de $8,73 \pm 0,09$ y en rastrojo de $7,70 \pm 0,08$. La corona presenta un mayor contenido de minerales que el rastrojo, por lo que se recomienda incorporar prioritariamente la corona al suelo.

CUADRO 2. Contenido de minerales en muestras de corona y rastrojo de piña variedad MD2 de Guácimo, Limón en febrero 2009.

Mineral	Corona	Rastrojo
	mg/g de cenizas	mg/g de cenizas
Potasio	370 ± 33	356 ± 23
Calcio	91 ± 7	85 ± 1
Hierro	$13,7 \pm 0,6$	59 ± 1
Magnesio	$20,3 \pm 0,4$	$28,5 \pm 0,1$
Sodio	$11,7 \pm 0,2$	$13,98 \pm 0,07$

El orden de demanda promedio de minerales es $K > Ca > Mg > Fe > Na$ para la corona y $K > Ca > Fe > Mg > Na$ para el rastrojo. El mineral presente en mayor cantidad es el potasio, seguido del calcio, lo cual es usual en la planta de piña [22].

CUADRO 3. Contenido de minerales y nitrógeno en plantas de piña variedad MD2 de Guácimo, Limón en febrero 2009, por hectárea de siembra.

Material	Mezcla de corona y rastrojo	Fruta [32]	Mezcla de rastrojo, corona y dos frutas
	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Potasio	1 117	86	1 290
Calcio	271	9	289
Hierro	107	0,2	108
Magnesio	74	9	92
Nitrógeno	46	62	170
Sodio	39	0,8	41

Para obtener los datos del cuadro 3 se usó la siguiente información sobre el cultivo de la piña: masa de una planta 2,6 kg, masa de la fruta 1,5 kg, relación masa fruta/ masa planta es 0,56 (promedio de 50 unidades), masa de una corona 300 g, se siembran 50 000 plantas por hectárea, se obtienen 72 toneladas de plantas y 40 toneladas de fruta por hectárea [7].

En el presente estudio se obtuvo el orden de contenido de elementos $K > Ca > Fe > Mg > N > Na$ para la mezcla de rastrojo y corona, y para la fruta se reporta $K > N > Ca = Mg > Na > Fe$. Al realizar el cálculo conjunto para el rastrojo, dos coronas y dos frutas el orden cambia a $K > Ca > N > Fe > Mg > Na$. Para las variedades Cayena Lisa, Perolera [21] [24] y en términos generales para piña [22] se reporta una exigencia de nutrimentos $K > N > Ca > Mg$.

Los datos anteriores indican que se presentan cambios en la prioridad de contenido de minerales y nitrógeno dependiendo de varios factores como variedad, condición edáfica, sistema de cultivo, masa deseada de la fruta, lo cual es común en vegetales [25]. Estos cambios deben ser tomados en cuenta para establecer las necesidades verdaderas de nutrimentos, evitar los problemas ambientales por la sobrefertilización y reducir la inversión en insumos.

Se recomienda evitar la quema de biomasa de piña ya que el nitrógeno, en lugar de ser reincorporado al suelo, se transforma en óxidos de nitrógeno gaseosos que se pierden en la atmósfera. Tal es el caso del N_2O que contribuye significativamente al calentamiento global.

Los resultados de los análisis realizados para determinar la composición química se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4. Resultados obtenidos de la composición química en base seca de la corona y rastrojo de piña variedad MD2 provenientes de las plantaciones de Guácimo, Limón en febrero 2009.

Material	Corona	Rastrojo
	% m/m	% m/m
Extractos en etanol/tolueno	26 ± 1	21 ± 4
Extractos en etanol	7 ± 4	1,3 ± 0,7
Extractos en agua	13 ± 1	11 ± 2
Extractos totales	46 ± 4	35 ± 4
Lignina insoluble en ácido	5 ± 2	9,0 ± 0,5
Lignina soluble en ácido	1,86 ± 0,08	1,28 ± 0,04
Lignina total	7 ± 1	10,3 ± 0,5
Holocelulosa	26 ± 6	35 ± 2

Si se quieren ahorrar costos de separación y purificación de componentes, estos se pueden usar en conjunto como sustrato para procesos fermentativos que lleven a la producción de alcohol etílico o biogás [29].

La composición química obtenida para la corona y el rastrojo de piña variedad MD2 provenientes de las plantaciones de Guácimo es muy diferente a la reportada por Hernández [18] en México, Chongwen [9] en China y Córdoba [12] en Sarapiquí, especialmente los porcentajes de extractos totales y holocelulosa: los primeros son más altos y los segundos más bajos en Guácimo. A pesar de ser la misma variedad de piña, se comprueba que las condiciones y tratamiento del suelo así como las condiciones del clima tienen un gran peso en la composición química del vegetal. La biomasa residual proveniente de Guácimo tiene como primera posibilidad ser fuente de materia prima para la industria para papel, textiles y alcohol, y como segunda la industria de alimentos, cosmética y química.

IV. REFERENCIAS

1. Alpízar, J.R., Villegas, L.R., Madrigal, S., Enero-junio 2013. Utilización de la biomasa residual del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) para la desproteínización enzimática de desechos de la actividad camaronera. *Uniciencia* Vol 27, no 1. 156-170.
2. Arias, S., López, J.A., Manual para la inducción floral (forza) en piña. USAID, marzo 2007, 1 – 11.
3. AOAC 985.35, International. Official methods of analysis of AOAC International. 2002, 17th edition, 1st revision. Association of Analytical Communities. Gaithersburg, MD.
4. ASTM-D5865-07, Standard test methods for gross calorific value of coal and coke. 2006, ASTM International: USA

5. ASTM E-1755-01, Standard test method for ash in biomass. 2007, ASTM International: USA.
6. Belitz, H., Grosch W., Schieberle, P., *Food Chemistry*, 3d edition, Springer Verlag: Germany, 2004, 461-471.
7. Brenes, S., *Inter Sedes*. Vol. VI. (11-2005), 27-34.
8. BUN-CA (Biomass Users Network Central America), Manuales sobre energía renovable: Biomasa, 1era edición, ed. BUN-CA, 2000, San José.
9. Chongwen, C., *The fiber Society. Properties and processing of plant fiber: New frontiers in fiber science*. 2001, Spring Meeting May 23-25.
10. CNE (Comisión Nacional de Emergencias), Información sobre gestión para la reducción del riesgo de desastres en Costa Rica, 2005, Versión no 4: Sector del Caribe.
11. Cook, K.K., Extension of dry ash atomic absorption and spectrophotometric methods to determination of minerals and phosphorus in soy-based, whey-based and enteral formulae (modification of AOAC Official Methods 985.35 and 986.24): collaborative study, *AOAC Int*, 1997, Jul-Aug 80(4): 834-844.
12. Córdoba, M., Determinación del efecto de la concentración de la base NaOH de la celulosa y celobiosa en la hidrólisis para la producción de etanol a partir del rastrojo de piña, Tesis de licenciatura en ingeniería química, Universidad de Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2011.
13. Danso, K.E., Ayeh, K.O., Oduro, V., Amiteye, S., Amoatey, H.M., *World. Appl. Sci. J.* **2008**, 3(4): 614-619.
14. Gavrilesco, D., *Energy from biomass inpulp and paper mills*, Environmental Engineering and CRC Press: United Kingdom, 2008, p. 232-316.
15. Grembecka, M., Szefer, P., [Mineral Components in Food Crops, Beverages, Luxury Food, Spices, and Dietary Food](#). Mineral Components in Foods, CRC Press: United Kingdom, 2007, 232-316.
16. Gutiérrez, C., Análisis del mercado para piña. Documento del proyecto de desarrollo productivo de la cadena de valor frutícola de El Salvador. Fondo del Milenio de El Salvador (FOMILENIO): San Salvador, 2009.
17. Hassan, N., Sahrin, S., *Adv. Environ. Biol.* **2012**, 6(5): 1868-1872.
18. Hernández, M., Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comusus* (L) Merr. Tesis de licenciatura en ingeniería forestal industrial, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 2008.
19. Jiménez, J., Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1999.
20. Lara, M., Gutiérrez, C., Barrantes, L., Nuñez, M., Agüero, O. Generación de electricidad a través de biomasa. Proyecto de Ley de la Asamblea Legislativa de Costa Rica: Expediente N.º 16.788: San José, 2007.
21. Malavolta, E., SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: 1. Jaboticabal. Anais Jaboticabal: Facultadde Ciencias Agrarias e Veterinarias, 1982, 121-153 .
22. Montero, M., Cerdas, M.M., Guías técnicas del manejo pos-cosecha de piña para el mercado fresco. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica, FITTACORI, San José, Costa Rica, 2005.
23. Nussbaumer T., *Energy & Fuels*, **2003**, 17, 1510-1521.

24. Paula, M.B. de, Carvalho, J.G. de, Nogueira, F.D., Silva, C.R., *Informe Agropecuario (Belo Horizonte)*, **1985**, 11(1): 27-32.
25. Paiva da Silva, A., Álvarez, V.H., Pereira de Souza, A., Lima Neves, J.C., Ferreira Novaris, R., Piredes Danta, J., *R. Bras. Ci. Solo*, **2009**, 33:1269-1280.
26. Plan Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), Área de Política Agropecuaria y Rural (APAR), 2011-2014.
27. PNUD Green Commodities Facility, Plan de Acción de Producción y Comercio Responsable de Piña en Costa Rica 2013-2017.
28. Ramírez, F., Carazo, E., Roldán, C., Villegas, G., Encuesta de oferta y consumo energético nacional a partir de la biomasa en Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía, Dirección Sectorial de Energía, 2007, Publicación N° 200, San José.
29. Saval, S., *BioTecnología*, **2012**, Vol 16, N°2, 14-46.
30. Sluiter, A.; Hames, B.; Ruiz, R.; Scarlata, C.; Sluiter, J; Templeton, D. and Crocker, D., Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass, NREL/TP-510-42618 Technical Report, Laboratory Analytical Procedure (LAP), National Renewable Energy Laboratory, August 2011.
31. Smith, V.H., G.D. Tilman, J.C. Nekola. "Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems". *Environ. Pollut.* **1999**, 100 (1-3): 179-196.
32. USDA Agricultural Reserve Service, National Agricultural Library, Nutrient data for 09430, pineapple raw, extra sweet variety, 2011. <http://www.ndb.nal.usda.gov/>. Descargada: diciembre 2013.
33. Tappi T-222 om-02 Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Test methods. TAPPI Press: Atlanta, GA 2007.
34. Tappi T-257 cm-02 Sampling and preparing wood for analysis. Test methods. TAPPI Press: Atlanta, GA 2007.
35. Tappi T-264 cm-97 Preparation of wood for chemicals analysis. Test methods. TAPPI Press: Atlanta, GA 2007.
36. Vargas, D. Envíos de piña convierten a Costa Rica en el mayor exportador mundial de frutas. *Revista Productor Agropecuario América Central y El Caribe*. **2013**, N° 35, 7-8.