



<http://opn.to/a/mmhY7>

**ENERGÍA**

**ARTÍCULO ORIGINAL**

## Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible

*Valuation of the energy potential of the agroindustrial residuals of tomato for their employment as biofuel*

Ing. Yarián Reyes Suárez, Dr.C. Mayra Arteaga Barrueta, Dr.C. Yanoy Morejón Mesa, Ing. Aniel Fuentes Sánchez  
Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN.** La presente investigación se desarrolló con el objetivo de valorar el potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate disponibles en la fábrica de conserva “19 de abril” de Mayabeque, para la producción de biocombustible. Se realizó la caracterización de las mezclas residuales de tomate a través de indicadores físico-químicos y energéticos para estimar el potencial energético que se aportaría a partir de su utilización en la obtención de bioetanol; a su vez se valoraron las condiciones necesarias para la reutilización de estos residuos. A partir de la información recopilada y la identificación de los residuos agroindustriales generados en la fábrica, se evidenció que los residuos de tomate son los que mayor frecuencia y cantidad presentan. La caracterización físico-química de estos residuos evidenció la necesidad de utilizar vías indirectas de procesamiento, así como la formación de mezclas con otros residuos obtenidos en esta fábrica que optimicen las condiciones de procesamiento. Como principal resultado se estimó el potencial energético de la mezcla de los residuos agroindustriales de tomate disponibles, evidenciándose la posibilidad de producción de bioetanol, a partir de la adecuación de los métodos de procesamientos, condiciones y alternativas a las características de la mezcla residual y a las del medio donde se desarrolle en un procesamiento viable y sustentable. Se recomienda para estudios futuros identificar el proceso más eficiente y mejorar el modo y las condiciones de almacenamiento de los residuos en la fábrica para su posible reutilización.

**Palabras clave:** mezcla residual, indicador físico-químico, procesamiento.

**ABSTRACT.** The present investigation was developed with the objective of valuing the energy potential of the available agroindustrial residuals of tomato in the Factory “19 de Abril” of Mayabeque province, for the biofuel production. It was carried out the characterization of the residual mixtures of tomato through physical-chemical and energy indicators to estimate the energy potential that would be contributed starting from their use in the bio-ethanol obtaining; in turn the necessary conditions were valued for the recycled of these residuals. Starting from the gathered information and the identification of the agroindustrial residuals generated in the factory, it was evidenced that the tomato residuals are those that bigger frequency and quantity present. The physical-chemical characterization of these residuals evidenced the necessity to use indirect roads of prosecution, as well as the formation of mixtures with other residuals obtained in this factory that it optimizes the prosecution conditions. As main result it was considered the energy potential of the mixture of the available agroindustrial residuals of tomato, being evidenced the possibility of bioethanol production, starting from the adaptation of the methods of prosecutions, conditions and alternative to the characteristics of the residual mixture and those of the means where it is developed in a viable and sustainable prosecution. It is recommended for future studies to identify the most efficient process and to improve the way and the conditions of storage of the residuals in the factory for their possible recycled.

**Keywords:** Residual Mixture, Physical-Chemical Indicator, Prosecution

### INTRODUCCION

A principios del siglo XX la mayoría de las fuentes de energía y productos industriales provenían de la biomasa. A partir

de 1920 el petróleo se convirtió en el combustible dominante en los sectores del transporte e industrial, donde por más de

ocho décadas las economías se han apoyado en el petróleo como una fuente de energía económica y confiable. Sin embargo, la dependencia en la energía fósil se está convirtiendo en un factor limitante para muchos países emergentes y desarrollados. Esto representa una amenaza importante con consecuencias ambientales y sociales. El cambio climático, está relacionado con el incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ocurrido por la quema de combustibles fósiles, lo que afecta la calidad del aire fundamentalmente (Monreal, 2008).

El agotamiento progresivo de las reservas de combustibles fósiles, la incertidumbre de sus precios, así como el deterioro del medio ambiente, han hecho replantearse seriamente a la humanidad el problema energético y buscar soluciones a la crisis producida por estas causas. Por este motivo, en la actualidad existe una tendencia general a tratar de utilizar las fuentes alternativas y renovables de energía (Jarabo, 1999). Dentro de este contexto, la agricultura moderna puede jugar un papel primordial en la utilización de biomasa residual para la generación de energía, combustible y bioproductos, reduciendo así la dependencia en los combustibles fósiles (Monreal, 2008), pues se producen diariamente grandes cantidades de desperdicios, tanto en las ciudades como en las zonas rurales y en sectores agrícolas y agroindustriales. Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos residuos son de carácter orgánico, es decir, constituyen la denominada biomasa residual, se puede llegar a comprender el hecho de que las grandes cantidades de residuos que no se aprovechan y contaminan el medio ambiente puedan constituir un enorme potencial para la producción bioenergética. La biomasa residual ofrece perspectivas muy amplias de aprovechamiento, ya que se produce de forma continua y creciente como consecuencia de la actividad humana y su eliminación está constituyendo un importante problema.

El tratamiento de los residuos, en general, es una actividad costosa y tanto las instituciones públicas como las empresas privadas no han llevado a cabo esta labor con eficacia, bien por falta de una legislación adecuada o por carencia de medios económicos.

Por otro lado, el tratamiento de residuos por procedimientos convencionales (incineración) requiere normalmente elevados consumos de energía y esta característica agrava las circunstancias, teniendo en cuenta la incidencia de las crisis energética y económica sobre la estructura social actual.

Varias investigaciones plantean que el aprovechamiento de los residuos con fines energéticos, proyecta numerosas ventajas, como:

- I. Los residuos forman parte de un tipo de biomasa que ya existe (no hay que producirla) y cuya eliminación es un problema grave y de solución costosa.
- II. En muchos casos, la biomasa residual está concentrada en lugares determinados por lo que, si se utiliza cerca del sitio de acumulación genera unos costes de transporte muy reducidos.
- III. Constituye un sistema de reducción de desechos, eliminación de plagas, incendios forestales y olores, mejora del paisaje y reduce la contaminación del aire, agua y suelo.
- IV. Algunos métodos de aprovechamiento de la biomasa residual presentan la ventaja adicional de generar productos ricos en nutrientes y, por tanto, susceptibles de ser utilizables como biofertilizantes para fines agrícolas, lo que supone un

ahorro de consumo de energía, materias primas y divisas.

Los costos de beneficio que generan su aprovechamiento hacen que el tratamiento de la biomasa residual tanto agrícola como agroindustrial, se hayan convertido en una actividad de un gran interés económico y social (Jarabo, 1999).

En el mundo se queman gran cantidad de residuos agrícolas y agroindustriales, países como Estados Unidos, Francia, España, México y Colombia, se destacan en el aprovechamiento de estos con fines energéticos. En Cuba a pesar de que se utilizan en gran medida los residuos agrícolas y agroindustriales, los trabajos científicos referentes al tema, aun son escasos; aunque se puede citar las investigaciones realizadas al respecto por el Instituto de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar, fundamentalmente el aprovechamiento energético de subproductos como la melaza y el bagazo; otras investigaciones se han orientado en el estudio energético del afrecho del café y la cáscara de arroz (Carrasco, 1996; Nova, 2004; 2006).

En la provincia Mayabeque, no se encuentran trabajos realizados con estos fines, sin embargo, la producción de residuales agroindustriales procede de diversas fuentes de producción, entre las que se pueden citar la producción de cereales, cultivos varios, caña de azúcar y procesamiento industrial de frutos y hortalizas.

Debido a la importancia que se les concede a los criterios de selección de los residuos para su posterior empleo como fuente alternativa de energía, es necesario realizar investigaciones que permitan estimar el potencial energético a obtener a partir del procesamiento de estos, específicamente de los que provienen del sector agroindustrial.

## MÉTODOS

### Protocolo de trabajo desarrollado de la investigación

El procedimiento seguido para la realización del trabajo de investigación, consta de cuatro etapas fundamentales:

- **Primera etapa:** Obtención de la información concerniente a la identificación de los residuos agroindustriales obtenidos, sobre la base de la frecuencia y cantidad.
- **Segunda etapa:** Caracterización físico-química del residual de tomate para su posterior utilización como bioenergético.
- **Tercera etapa:** Cálculo teórico del potencial energético, basado en los fundamentos planteados por, Cabrera (2016).
- **Cuarta etapa:** Determinado el potencial energético de la mezcla residual de tomate, se realiza una valoración más fiable con fines energéticos a partir de la selección de las vías de obtención del biocombustible.

**Obtención de la información e identificación** de los residuos agroindustriales generados en la fábrica

El procedimiento seguido para la recopilación de la información se basó en la realización de entrevistas, consulta de documentación, observación y mediciones, los cuales son reflejados en la Figura 1.

Para la identificación de los residuos agroindustriales disponibles en la fábrica se tuvo en cuenta:

- I. Entrada de material vegetal para procesar, t-año<sup>-1</sup>;
- II. La secuencia de obtención de residuos agroindustriales, año;
- III. Cantidad de residuos agroindustriales generados, t.

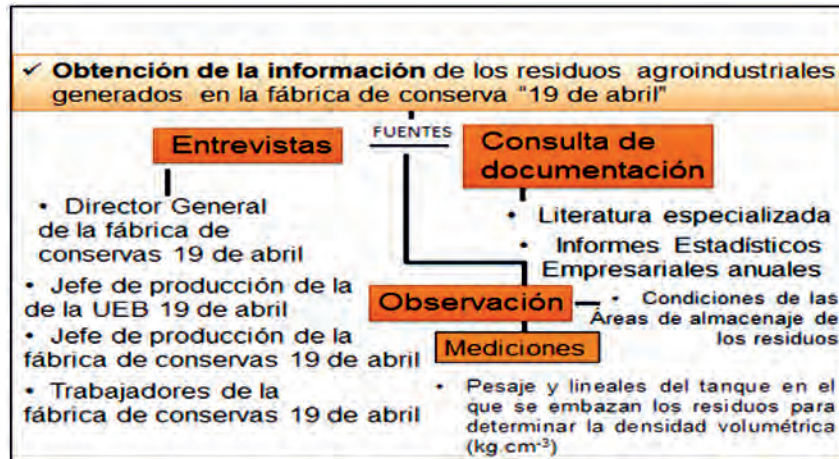


FIGURA 1. Procedimiento seguido para la obtención de la información.

El cálculo del volumen y la densidad volumétrica se realizó a través de la metodología Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste, según la norma ASTM E1109-86 (2004), para su cálculo se parte de la relación de la masa entre el volumen del tanque donde se almacenan los residuos producidos (Figura 2)

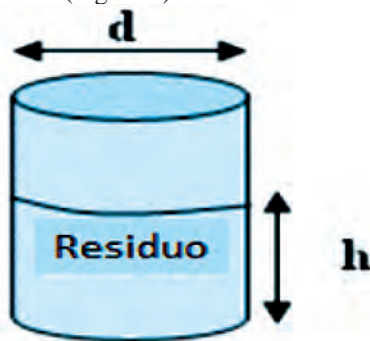


FIGURA 2. Procedimiento realizado para determinar el volumen y la densidad volumétrica de los tanques utilizados para almacenamiento del residuo.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

donde:

m: masa de residuos, kg; V: volumen ocupado en el tanque de almacenamiento, m<sup>3</sup>

La masa de los residuos se determinó en una báscula marca REVUELTA® instalada sobre el piso en la entrada del almacén, la cual poseía una precisión de 0,01 kg.

El volumen del tanque de almacenamiento se calculó a partir de las dimensiones del tanque de almacenamiento, las cuales se tomaron con el empleo de una cinta métrica.

### Caracterización físico-química de las muestras de tomates

El muestreo se ejecutó en el tanque de almacenamiento de los residuos de tomate en tres momentos: abril del 2018, mayo 2018 y febrero 2019. El control se realizó durante 24 horas en 10 mediciones diferentes. Se evaluaron un total de 12 muestras homogenizadas y replicadas cuatro veces. Las muestras se tomaron en cuatro puntos y en tres niveles de estratos distintos (Figura 3), según la metodología planteada por el método de Samplers and Sampling procedures for Hazardous Waste Streams (DeVera, 1980; EPA-600/2-80-018, 1980).



FIGURA 3. Toma y preparación de las muestras de residuos de tomates para su caracterización.



**Indicadores utilizados en la caracterización físico-química de los residuos de tomate**

Se consideraron ocho indicadores para evaluar la calidad de la muestra, según lo planteado por las normas (NC 93-02, 1985; NMX-AA-033, 1985; NC XX, 1999). Los métodos y procedimientos utilizados se reflejan en la Figura 4.

Indicadores Físico-químicos	Acrónimo	Metodología Equipo	Referencia bibliográfica
% humedad	%H	Gravimetría por volatilización Estufa Bal. Analítica Mettler Sartorius	
Masa del residuo seco	Mrs (ton)	 Muffa Furnace 1300	
% cenizas		 Potenciometría pH metro PHSJ-SF	
pH		 Potenciometría Conductímetro DDSJ-308A	NC XX: 1999
Conductividad eléctrica	CE (mS.Cm <sup>-2</sup> )	 Potenciometría Conductímetro DDSJ-308A	NC 93-02.1985
Contenido de sólidos disueltos totales	TDS (mg.L <sup>-2</sup> )	 Potenciometría Conductímetro DDSJ-308A	
% Salinidad	%S	 Potenciometría Conductímetro DDSJ-308A	
Poder calórico	PC (Kcal.Kg <sup>-2</sup> )	Calorímetro de bomba Parr 6725 	NMX-AA-033.1985

FIGURA 4. Indicadores evaluados en los residuos de tomate, metodología utilizada y referencias del método.

**Estimación del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate disponibles**

Para realizar la estimación teórica del potencial energético de los residuos de tomate, se tomaron en cuenta las referencias aportadas por diferentes autores entre los que se destacan (Barragán *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2008; Monreal, 2008; Escalante *et al.*, 2011).

A partir de los fundamentos analizados se determina la energía total de los residuos húmedos de tomate, para lo cual se emplea la expresión 2.

$$ET = Bprod \cdot PCmbs \tag{2}$$

donde:

Et: energía total de los residuos húmedos de tomate que se procesan en la fábrica, kJ/año;

Bprod: biomasa residual de tomate que se produce, t/año;

PCmbs: poder calórico medio en base seca del residuo, kJ/t.

A su vez se determina la energía útil de los residuos secos

de tomate, para lo cual se emplea la expresión 3.

$$Eu = Bu \cdot PCmbs \tag{3}$$

donde:

Eu: energía útil de los residuos secos de tomate, kJ/año

Bu: biomasa útil (seca) de los residuos de tomate, t/año;

También se determina el potencial energético del tomate, empleándose para ello la expresión 4.

$$PE = Mrs \cdot Et \tag{4}$$

donde:

Mrs: masa de residuo seco, t.

Además, se determina la eficiencia energética del proceso de determinación del potencial energético.

$$\eta = Eu / Et \cdot 100 \tag{5}$$

donde:

$\eta$ : es la eficiencia energética del proceso, %.

### Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su utilización en la obtención de biocombustibles

Para realizar la valorización de los residuos de tomates se tomaron en consideración el potencial energético aportado por la masa residual obtenida.

De acuerdo a las propiedades físico-químicas alcanzadas se sugieren las posibilidades de metodología de obtención de bioetanol como biocombustible. Además, se valora la rentabilidad económica y la viabilidad de las posibles vías

de obtención del biocombustible a partir de los residuos de tomate. Por otro lado, se considera el impacto ambiental de la utilización de estos residuos.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presenta el volumen de productos procesados en los últimos cinco años. Como se puede apreciar el mayor porcentaje corresponde al cultivo de tomate, del cual se procesan de forma conjunta diferentes variedades, todas producidas en la provincia.

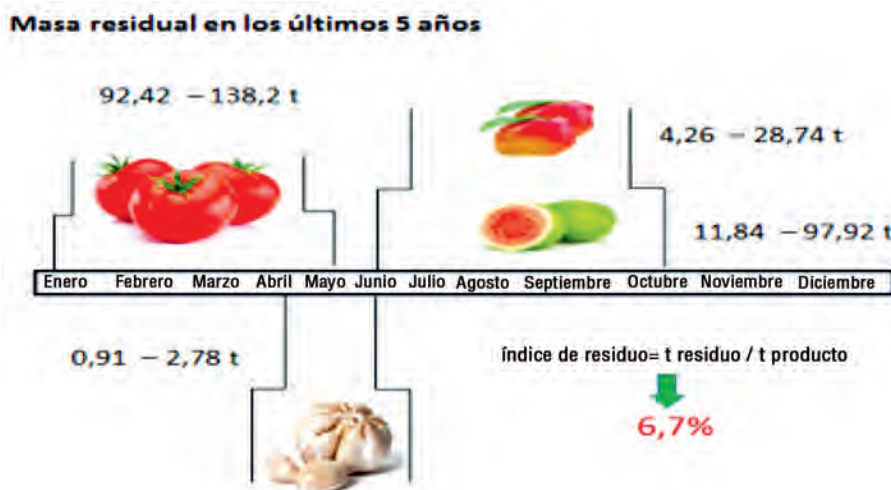
**TABLA 1. Volumen de productos que se procesan en los últimos cinco años en la fábrica de conserva “19 de abril”**

Cultivos	Volumen de productos procesados, t				
	2014	2015	2016	2017	2018
Tomate	1 855,34	2 056,64	1 375,43	1 982,79	1 769,17
Frutales (mango y guayaba)	100	167,21	64,2	130,36	530,59
Ajo	65,22	27,07	82,71	58,85	27,4

La Fábrica de Conservas “19 de abril” se abastece de la provincia de Mayabeque y algunos municipios de la provincia Artemisa como son Güira de Melena y Caimito, de acuerdo a la información obtenida fundamentalmente a través de los informes de producción y entrevistas realizadas al especialista principal y a la directora de la Fábrica de Conserva “19 de abril.

En la Figura 5 se reflejan los periodos de procesamiento y la cantidad de masa residual de frutos y hortalizas que fundamentalmente se procesan en la fábrica antes mencionada, con una frecuencia de obtención de residuo de tomate

muy alta, ya que comprende un periodo que oscila entre enero y mayo. El mango y la guayaba con una frecuencia de obtención de residuo media que comprende los meses de junio a octubre y el ajo con una frecuencia de obtención de residuo muy baja, dado que solo comprende los meses de abril a junio. En dicha fábrica se obtiene una masa residual de estos frutos y hortalizas que oscila entre 92,42...138,2 toneladas de residuos de tomate, 4,26...28,74 toneladas de residuos de mango, 11,84...97,92 toneladas de residuos de guayaba, 0,91...2,78 toneladas de residuos de ajo.



**FIGURA 5.** Etapas de procesamiento y cantidad de masa residual de frutos y hortalizas que fundamentalmente se procesan en la UEB 19 abril.

De acuerdo a los productos que fundamentalmente se procesan en dicha fábrica, es posible obtener índices de residuos de tomate de 6,7%, de frutos mango de 6,6% y de guayaba de 18,4%, y en el caso del ajo de 3,3%.

Por lo antes expuesto para la presente investigación, se tomaron los residuos generados por el tomate, el cual cuenta con un plan anual de 1 375,43- 2 056,64 toneladas. La cantidad de materia prima procesada para obtener una tonelada de pasta de tomate es de 5...7 t, según observaciones experimentales

orientadas en la determinación de los grados Brix.

De acuerdo con la información recopilada, la situación actual de los residuos generados en la empresa, actualmente no cuenta con un plan de gestión que proporcione una valoración y/o aprovechamiento de los residuos que se generan en ella como resultado del desarrollo del proceso industrial.

Con el desarrollo de la investigación, se pretendió brindarle a la empresa el planteamiento preliminar de un proceso, que, a largo plazo, les permita el aprovechamiento y valorización de

los residuos que generan actualmente; de manera que su proceso global sea sostenible y les brinde la oportunidad de mostrarse como una empresa ambientalmente responsable.

Basado en esto, es necesario mejorar las condiciones de almacenamiento y separación de los residuos para su reutilización, incluso puede tomarse en un futuro, como material bioenergético de la propia empresa.

### Caracterización físico-química de las muestras de tomate para estimar el potencial energético de los residuos agroindustriales disponibles en la fábrica de conserva “19 de abril”

En la Tabla 2 se presenta la caracterización físico-química de las muestras de residuos de tomate. En ella se puede apreciar el porcentaje de humedad de la misma, el cual verifica un con-

tenido elevado de las muestras para este cultivo según estudios realizados por (Rojas *et al.*, 2019).

Es importante tener en cuenta que las muestras obtenidas en la empresa son mezclas de diferentes variedades de tomate, lo que pudiera explicar estas variaciones.

La densidad volumétrica de la muestra es alta, lo cual favorece la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose equipos de menor tamaño que permitan aumentar los períodos entre cargas (Biomass Users Network Centroamérica, Vargas *et al.* (2012); este indicador de las muestras resulta muy importante pues la humedad, determina la cantidad de compuesto gaseoso producido por la descomposición de sustancias carbonosas en el proceso de combustión, implicando un alto contenido de materia volátil a la hora de darle utilidad bioenergética (Rivas *et al.*, 2018).

**TABLA 2. Caracterización físico-química de las muestras de residuo de tomate**

Indicadores	Acrónimo y UM	Valor
Densidad volumétrica	$\rho$ v: kg. m <sup>-3</sup>	269,57
% Humedad	%H	90,78 – 92,44
Masa de residuo seco	Mrs (g)	14,61 - 16,56
Ceniza	Cz (g)	0,11-0,16
% de sales	% S	0,11- 0,13
Contenido de sólidos disueltos totales	TDS ( mg·L <sup>-1</sup> )	1 231-1 426
Conductividad eléctrica	CE (mS·Cm <sup>-3</sup> )	2,27-2,49
pH	pH	4,43-4,61
Poder Calórico	PC(kcal·kg <sup>-1</sup> )	4 700- 5 500

El contenido de humedad en la biomasa afecta negativamente el poder calórico en procesos de gasificación o combustión, debido al consumo de energía necesaria para evaporar el agua. Contenidos de humedad mayores al 50% imposibilitan sostener la combustión directa de un residuo sin el empleo de un combustible auxiliar (Vargas *et al.*, 2012). Varios autores han demostrado que se requiere de 2,44 MJ de energía por cada kilogramo de agua evaporada. Con el fin de lograr mejores aprovechamientos, se recomienda utilizar como combustible los residuos que presenten contenidos de humedad menores al 8%.

La masa residual seca obtenida se encontró en el rango entre las 14,61... 16,56 toneladas (Tabla 3), obtenida a partir de una masa residual total de 92,42...138,2 toneladas, la primera pudiera aportar una energía total 118 490... 254 800 MJ, considerando que un kilogramo de muestra seca puede producir de 17...20 MJ de energía según Boumanchar *et al.* (2017).

El contenido de cenizas en base húmeda se encontró entre 0,11...0,16 g, lo que representa un 0,75–0,96%. Aunque este indicador en los residuos agroindustriales es generalmente pequeño (inferior al 10%), puede influir significativamente en la selección del proceso termoquímico (pirólisis, gasificación o combustión) al que van a ser destinados, especialmente si las cenizas contienen metales alcalinos como potasio o haluros como cloruro.

Se ha encontrado que altos contenidos de cenizas, superiores al 5%, no son deseadas como combustible (Demirbas, 2010), dado que afectan negativamente el poder calórico, generan contaminación atmosférica (presencia de haluros), forman depósitos de escorias (si la ceniza es de carácter básico) que ocasionan resistencias térmicas al paso del calor y originan la oxidación (si las cenizas son de carácter ácido) en los equipos de combustión.

A medida que aumenta el contenido de cenizas disminuye el poder calórico, lo cual es de esperarse pues a mayor cantidad de cenizas, se tendrá una menor velocidad de encendido durante el proceso de combustión (Boumanchar *et al.*, 2017).

Los resultados anteriores se corresponden con el pH determinado (Tabla 2), con valores menores 4,9, siendo muy ácido para realizar una actividad enzimática adecuada en el proceso de fermentación. Aunque los valores obtenidos son menos ácidos que los referidos de pH para el tomate de árbol de 3,53 Demirbas (2010), lo que puede favorecer el tratamiento de las muestras por fermentación. Se corresponde el bajo porcentaje de salinidad y la conductividad eléctrica que son adecuadas, ya que de ser elevado afectaría la calidad del proceso enzimático. Sin embargo, el contenido de sólidos disueltos totales (TDS) obtenido es 1 231-1 426 mg·L<sup>-1</sup>, este es bajo (Tabla 2), lo que pudiera perturbar su utilización como suplemento nutricional de la enzima fermentativa.

El poder calórico obtenido se encontró en el rango de los 4 700-5 500 kcal·kg<sup>-1</sup> de muestra residual. Este se encuentra dentro del intervalo referido por la literatura para diferentes tipos de variedades de tomate aproximadamente de 5 100 kcal·kg<sup>-1</sup> y en los encontrados en los estudios realizados en Colombia, donde se obtuvieron valores de poder calórico inferiores entre 4 384–1 800 kcal·kg<sup>-1</sup>; en China 3 827–4 784 kcal·kg<sup>-1</sup>, en Argentina entre 3 000–3 500 kcal·kg<sup>-1</sup> (Hernández, 2010; Escalante *et al.*, 2011).

Se tiene que a mayor poder calórico se eleva la energía entregada durante el quemado del residuo, pues el poder calórico es una medida de la energía contenida en un residuo, la cual puede ser liberada mediante un proceso de combustión para la generación de vapor.

Los residuos de tomate estudiados tienen bajo contenido de cenizas, lo que es favorable, pues un incremento del 1% en las cenizas, disminuye el poder calórico en aproximadamente 0,20 MJ/kg. En cambio, esta ventaja es limitada por el porcentaje de humedad encontrado, lo que puede influir en el porcentaje del material combustible.

### Estimación del potencial energético en los residuos agroindustriales de tomate disponibles en la fábrica de conserva “19 de abril”

Para la estimación del potencial energético de las muestras de mezclas de tomate agroindustrial se utilizaron los indicadores energéticos cuyos intervalos de valores son presentados en la Tabla 3.

**TABLA 3. Indicadores energéticos determinados para el material residual de tomate**

Indicadores	Acrónimos (unidad de medida)	Intervalo de valores
Energía total del residuo por cantidad de masa	Et(J·año <sup>-1</sup> )	646,45 - 1 131,15
Potencial Energético	PE (t·kJ.año <sup>-1</sup> )	4,51 – 14,41
Energía Útil	Eu (J·año <sup>-1</sup> )	3 257,9 - 7 007
Eficiencia	η(%)	0,5

Como se puede apreciar en la tabla el potencial energético de los residuos de tomate en la agroindustria, alcanza valores significativos, aspecto que denota la utilidad de los mismos como fuentes de bioenergía alternativas.

### Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su utilización en la obtención de biocombustibles

El aprovechamiento al máximo de cualquier subproducto generado durante un proceso industrial tiene que tener hoy día carácter prioritario. Una de las formas de reciclar estos materiales es buscar aplicaciones concretas de uso que sean factibles con las características de los mismos.

Una de las ventajas que presenta el sector de la construcción es que, al margen de poder digerir grandes cantidades de productos, admite una gama inmensa de calidades, lo que permite confeccionar una panorámica de materiales, cada uno adecuado para un uso concreto.

La directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo establece un marco jurídico para el tratamiento de los residuos en la Unión Europea. Su objetivo es proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención de los efectos nocivos que suponen la producción y la gestión de residuos. Según esta directiva, con el fin de proteger mejor el medio ambiente, los estados miembros deberán adoptar medidas para tratar los residuos de conformidad con la siguiente jerarquía de prioridades:

- Prevención;

- Preparación para la reutilización;
- Reciclado;
- Otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética;
- Eliminación.

Se define la valorización como cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil. Esta incluye todos aquellos circuitos que permiten el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos y puede ser material o energética. Una operación puede considerarse valorización energética cuando el residuo sustituye otros materiales que se hubieran necesitado para producir energía, cuando la energía obtenida es superior a la consumida y la mayor parte se utiliza en forma de calor o para producir electricidad, debiendo ser, además, los residuos consumidos en el proceso.

### CONCLUSIONES

- La información y la identificación de los residuos agroindustriales generados en la fábrica de conserva “19 de abril, mostró que el residuo de tomate es el que se obtiene en mayor frecuencia y cantidad.
- La caracterización físico-química de los residuos de tomate evidenciaron la necesidad de utilizar vías indirectas de procesamiento de las muestras, así como la formación de mezclas con otros residuos obtenidos en esta fábrica que mejoren las condiciones de fermentación.
- Se estimó el potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate disponibles en la fábrica de conserva “19 de abril, el cual posibilita la producción de un biocombustible.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM E1109-86: *Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste Fractions*, USA, 2004.  
 BARRAGÁN, B.H.B.; TÉLLEZ, D.Y.A.; LAGUNA, T.A.: “Utilización de residuos agroindustriales”, *Revista sistemas ambientales*, 2(1): 44-50, 2008.



- Reyes *et al.*: Valoración del potencial energético de residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible
- BOUMANCHAR, I.; CHHITI, Y.; ALAOUI, F.E.M.; EL OUINANI, A.; SAHIBED-DINE, D.A.; BENTISS, F.; JAMA, C.; BENSITEL, M.: “Effect of materials mixture on the higher heating value: Case of biomass, biochar and municipal solid waste”, *Waste management*, 61: 78-86, 2017, ISSN: 1879-2456 E-0956-053X.
- CARRASCO, A.: *Tecnologías de transformación de la biomasa para usos no alimentarios. La biomasa: fuente de energía y productos para la agricultura y la industria*, Inst. IER-CIEMAT, Curso impartido en España, La Habana, Cuba, 1996.
- DEMIRBAS, A.: *Fuels from biomass*, Ed. DEMIRBAS, A. (Ed.). Biorefineries for biomass upgrading facilities, 1ra edición. Londres: Springer ed., Londres, UK, 33-74 p., 2010, ISBN: 978-1-84882-721-9.
- DEVERA, E.R.: *Samplers and sampling procedures for hazardous waste streams*, Ed. Environmental Protection Agency, Office of research and Development ..., vol. 1, 1980.
- EPA-600/2-80-018: *Samplers and Sampling procedures for Hazardous Waste Streams*, no. OH 45268, Inst. Environmental Protection Agency, Municipal Environmental Research laboratory Cincinnati OH 45268, Cincinnati, USA, 1980.
- ESCALANTE, H.; ORDUZ, J.; ZAPATA, H.; CARDONA, M.; DUARTE, M.: “Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia”, *Anexo B: Muestreo y caracterización de la biomasa residual en Colombia (págs. 131-136)*. Colombia, 2011.
- GUTIÉRREZ, M.; PÉREZ, D.; ROMERO, A.; RIVAS, D.: “Segundo informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y alimentación”, *Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra (MPPAT)*, 2008.
- HERNÁNDEZ, H.E.: *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*, Ed. Unidad de Planeación Minero Energética, 2010, ISBN: 958-8504-59-7.
- JARABO, F.: *La energía de la biomasa*, Ed. Editorial Neografis S.L, Impresores ed., 7-129 p., 1999.
- MONREAL, C.M.: “La utilización de los residuos agrícolas y otros desechos para la producción de bioenergía, biocombustibles y bioproductos”, *Health/Energy. Nano-and Bio-technologies-unicencia. ambientalex. info.*; 1-17, 2008.
- NC 93-02: *Higiene comunal; agua potable: requisitos sanitarios y muestreo*, Inst. Comité Estatal de Normalización, La Habana, Cuba, 1985.
- NC XX: *Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo*, Inst. Comité Estatal de Normalización, La Habana, Cuba, 1999.
- NMX-AA-033: *Protección al ambiente contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de poder calorífico superior*, Inst. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Declaratoria de vigencia DOF 08-08-1985, México, 1985.
- NOVA, A.: “Redimensionamiento y diversificación de la agroindustria azucarera cubana”, *24 Aniversario de los Estudios Económicos*, 2004.
- NOVA, A.: “Redimensionamiento y diversificación de la agroindustria azucarera”, *Reflexiones sobre economía cubana. La Habana: Ciencias Sociales.*; 108-156, 2006.
- RIVAS, U.A.; LIU, Y.; BIANCHI, T.S.; TOLÍ, N.; JANSSON, C.; PASA-TOLIC, T.L.: “Moving beyond the van Krevelen diagram: A new stoichiometric approach for compound classification in organisms”, *Analytical chemistry*, 90(10): 6152-6160, 2018, ISSN: 0003-2700.
- ROJAS, A.F.; FLÓREZ, C.; LÓPEZ, D.F.: “Use prospects of some agroindustrial waste”, *Rev. Cub. Quim.*, 31(1), 2019, ISSN: 0664-3715.
- VARGAS, M.J.; CALLEJÓN, F.A.; PÉREZ, A.J.; VELÁZQUEZ, M.B.: “A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials”, *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(5): 3065-3083, 2012, ISSN: 1364-0321.

---

Yarian Reyes Suarez, Especialista, Centro de Mecanización Agropecuaria, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de La Habana, e-mail: [yarian@unah.edu.cu](mailto:yarian@unah.edu.cu)

Mayra Arteaga Barrueta, Profesora Titular, Departamento de Química, Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, e-mail: [mayra@unah.edu.cu](mailto:mayra@unah.edu.cu)

Yanoy Morejón Mesa, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuarias, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [yymm@unah.edu.cu](mailto:yymm@unah.edu.cu)

Aniel Fuentes Sanchez, egresado de la Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, e-mail: [yarian@unah.edu.cu](mailto:yarian@unah.edu.cu)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.