

Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento

Agroindustriales waste impact , management and exploitation

Cury R, Katia¹ M.Sc. Aguas M, Yelitza^{1*} M.Sc, Martinez M, Ana¹ Esp, Olivero V, Rafael² M.Sc, Chams Ch, Linda³

¹ Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Grupo de Investigación Gestión Integral de Procesos, Medio Ambiente y Calidad-GIMAC.

²Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial.

³Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias de la Salud, Programa de Bacteriología. Grupo de investigación GIMBIC.

Keywords:

Agroindustrial residuals;
impact;
handling;
use;
appraisalment.

Abstract

In the agroindustry, the matters are subject adaptation or transformation processes to provide added value through the implementation of unit operations to facilitate consumption, generating one of the major environmental concerns in our environment, the high production of waste. In some cases, these wastes are treated, to reduce the negative impact their emission, discharge or disposal could generate, making them a useful product and added value that solves a problem and generate additional income. In this review, we describe some research developed aimed at harnessing the waste generated in agribusiness.

Palabras Clave:

Residuos agroindustriales;
impacto;
manejo;
aprovechamiento;
valorización.

Resumen

En la agroindustria, las materias primas son sometidas a procesos de adecuación o transformación para darle valor agregado, mediante la implementación de operaciones unitarias para facilitar su consumo; generando una de las principales problemáticas ambientales en nuestro medio, la alta producción de residuos. En algunos casos estos residuos son tratados; hasta reducir el impacto negativo que su emisión, vertimiento o disposición pudiera generar; convirtiéndolos en un producto útil y de mayor valor agregado que solucione una problemática y genere ingresos económicos adicionales. En esta revisión se describen algunas investigaciones desarrolladas tendientes al aprovechamiento de los residuos generados en las agroindustrias.

INFORMACIÓN

Recibido: 06-11-2016;

Aceptado: 18-02-2017.

Correspondencia autor:

yelitza.aguas@unisucra.edu.co

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industrialización trae consigo ventajas indiscutibles como el aumento en la calidad de vida de las poblaciones, pero a la vez la convierte en una sociedad de consumo para la cual la industria debe ofrecer nuevos productos haciendo más complejos sus procesos, generando cada vez mayores cantidades de residuos, que la llevan a ser el blanco de muchas críticas y a adquirir una imagen de contornos no muy positivos (HANSSEN, 2000), aunque estos residuos no representen el valor principal de la transformación pueden ser la materia prima para otro producto (SAVAL, 2012). Para lo cual el diseño de las plantas de transformación deben incorporar tecnologías que permitan su utilización para darle un valor agregado (GALANAKIS, 2012).

La producción en toneladas de materia orgánica derivadas de procesos fotosintéticos en la tierra oscila alrededor de 155 billones/año, sin embargo solo una mínima fracción puede ser consumida de manera directa por el hombre y/o animales, en su mayoría esta materia orgánica se transforma en residuos no comestibles que se constituyen en una fuente de contaminación ambiental.

Las pocas alternativas, desde el punto de vista económico, social y nutricional, que en la actualidad se presentan para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, aunado a la falta de conciencia en la protección del medio ambiente provocan que estos sean mal manejados y se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales; suelo, agua y aire. (CPTS, 2003).

En la actualidad las agroindustrias no solo son valoradas por su desempeño productivo y económico, sino también por su relación con el medio ambiente, de manera que la protección de este ya no solo es una exigencia sujeta a multas o sanciones sino que representa amenazas, oportunidades y hasta condiciona su permanencia o salida del mercado, de manera que la utilización eficaz, de bajo costo y ecológicamente racional de estos materiales es cada vez más importante, sobre todo por las restricciones legales que ya empiezan a surtir efecto en muchos países incluyendo el nuestro (WADHWA *et al.*, 2013). Debido a la preocupación ambiental de la sociedad, la agroindustria debe ser sensible a los temas ambientales, procurando el desarrollo creciente de una conciencia social que obliga a no producir a costa del planeta, sino de una manera sostenible; considerando que los subproductos agroindustriales generados desde el lugar de siembra y los que se derivan de su manejo y comercialización constituyen un serio problema de residuos en gran parte del mundo debido principalmente a que se han experimentado

aumentos en la producción (YEPES *et al.*, 2008). Por ello, surge la necesidad de conversión de los mismos en un producto útil y de mayor valor agregado, que además de solucionar un problema, genere ingresos económicos adicionales; de ahí la importancia del estudio de alternativas tecnológicas tendientes al aprovechamiento de los residuos agroindustriales. (YEPES *et al.*, 2008; MIRABELLA *et al.*, 2014).

Agroindustria: Materias Primas, Productos y Residuos

Entre los distintos enfoques para definir “agroindustria”. Se dice que es una “actividad que integra la producción primaria agrícola, pecuaria o forestal, el proceso de beneficio o transformación, así como la comercialización del producto, sin dejar de lado los aspectos de administración, mercadotecnia y financiamiento”. Dicho en otra forma, es una actividad económica que combina el proceso productivo agrícola con el industrial para generar alimentos o materias primas semielaboradas destinadas al mercado (SAVAL, 2012).

Las agroindustrias más representativas a nivel de Colombia, son: la molinería de arroz, las fábricas de alimentos balanceados para animales, las fábricas de chocolates y derivados, la industria de carnes de bovinos y porcinos, la industria del azúcar, la fabricación de procesados a partir de papa, plátano y yuca, al igual que los procesados a partir de frutas y hortalizas, la industria tabacalera, textiles y confecciones, las fábricas de aceites y grasas, jabones y detergentes, los derivados del caucho y los productos lácteos. De igual modo, se observa un incipiente desarrollo en la producción de alcohol para licores y fines médicos, la producción de cerveza y la transformación y conservación de frutas; jugos, mermeladas, pastas, concentrados. Estas Industrias tienen en común el utilizar un bien de origen agropecuario como insumo importante de sus procesos de producción. (AGROCADENAS, 2005).

Un análisis del empleo dado a los residuos obtenidos de distintos sectores agroindustriales demuestran que la industria del fique aprovecha el 2% de la biomasa producida, la industria cervecera emplea el 8% de los nutrientes del grano, mientras que en la industria de aceite de palma y de celulosa menos del 9% y 30% de la biomasa producida, es empleada respectivamente; en la industria del café solo el 9.5% del peso del fruto fresco es aprovechado para la preparación de la bebida, quedando un 90.5% como residuo, otro ejemplo de agroindustria de gran impacto en cuanto a la producción de residuos lo constituye la producción de papel, donde solo el 30% de la materia prima es aprovechada (AGROCADENAS, 2005; SAVAL, 2012).

La curtiembre es un proceso altamente cuestionado a nivel ambiental, por los altos volúmenes y características de los residuos sólidos y líquidos derivados; que llevan a este sector a ser catalogado como contaminante, omitiendo los beneficios que representa al disminuir el subproducto putrescible y de baja biodegradación, tal como la piel que está ligado a la cadena del cuero, calzado e industria marroquinera y estas a su vez obedecen en cierta parte del sacrificio de ganado bovino. Agroindustrias como las curtiembres generan no solo grandes volúmenes de efluentes líquidos, desprenden partes de la piel cruda que pueden aparecer en los residuos de curtiembre, que envuelven a otros como: pelo, pedazos de piel y carne, sangre, estiércol, sales, sal común que son generalmente dispuestos sobre los volúmenes de agua, suelo y aire, degradando la calidad de estos últimos causando daños considerables que pueden ser irreversibles y una baja calidad de vida de los seres humanos (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2011). En las actividades de recorte o descarnes de pieles se quedan adheridos pedazos de piel con grasa que son comúnmente llamadas carnazas, las cuales son eliminadas como residuos sólidos que se llevan a rellenos sanitarios, ocasionando una gran contaminación ambiental, así aumentando el contenido de grasa y el DBO en los cuerpos de agua. (CPTS, 2003). El volumen y característica de los despojos generados dependen, esencialmente de la técnica de curtiembre y también del número y tipo de actividades realizadas. Puesto que algunas pueden ser opciones, así como de la secuencia de las mismas, de la dosificación de productos químicos y, en general, del control de proceso (SEITZ, 1990; ALZATE, 2004).

La industria azucarera Colombiana, se ve representada por quince ingenios, que en la actualidad siembran aproximadamente 232.070 hectáreas en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con una producción de 169,37 t/ha de caña (ASOCAÑA, 2015); cuyo destino es la producción de azúcar y alcohol carburante. Ingenios RIOPAILA-CASTILLA (2011), producen aproximadamente 1.056.618 t de bagazo y 211.648 t de cachaza al año; por cada tonelada de tallos que ingresan al proceso de transformación agroindustrial, se generan 250 kg de bagazo, 30 kg de cachaza, 6 kg de cenizas y 45 kg de melaza; además, por cada litro de alcohol anhidro producido a partir de la meladura se generan 13 hasta 15 L de vinaza (CUELLAR *et al.*, 2002; MAYAGUEZ, 2013).

La industria láctea, genera subproductos cuya disposición es ampliamente cuestionada. Actualmente, la producción de lactosuero generados por la industria quesera se constituye un gran impacto ambiental que tienen como destino las fuentes de agua, la atmósfera o los lugares para disposición final de

los mismos (GONZALEZ, 2012); si se consideran los altos volúmenes producidos, su vertimiento en fuentes naturales de agua o en suelos sin haber sido sometido a tratamiento y sin considerar su carácter contaminante, dada la cantidad de nutrientes que posee. Investigaciones de MARTÍNEZ (2012), dan cuenta de la utilización del lactosuero producido y que es aprovechado adecuadamente, este es aproximadamente el 47% de las 115 millones de toneladas de lactosuero producido a nivel mundial, el resto son desechados al ambiente sin tratamiento previo, lo que además de ocasionar un gran daño ecológico, también representa una pérdida significativa de recursos (GUERRERO *et al.*, 2012). En cuanto a la composición, sólidos totales y valor energético del lactosuero y la harina de trigo son semejantes (357 Kcal/100 g) (INDA, 2000; LAGUA, 2011). El lactosuero acidificado espontáneamente al ser usado como acidulante de leche en la elaboración de queso tipo mozzarella, pone en riesgo la salud del consumidor y además reduce la calidad del producto (CURY *et al.*, 2014).

Estudios demuestran que con 10 L de leche de bovino se pueden obtener de 1 a 2 kg de queso y alrededor de 8 a 9 kg de lactosuero, que en porcentaje serían el 85 a 90% del volumen de la leche, que en promedio contiene un 55% de nutrientes; es decir que el volumen de lactosuero es aproximadamente 7 a 10 veces mayor que el queso producido, según su variedad (LIU *et al.*, 2005; CALLEJAS *et al.*, 2012).

Para el año 2012, Colombia presentó una producción de 10 millones de kilogramos de queso comercializado, en los Departamentos de Antioquia y Cundinamarca, de donde se produjeron aproximadamente 90.000.000 L de lactosuero (MARTÍNEZ, 2012). En los Departamentos de Córdoba y Sucre, se estima que el 70% de la leche producida es llevada a la transformación de queso, ya sea artesanal o industrialmente. La fabricación no estandarizada de quesos constituye un renglón importante en la economía de muchos pobladores, siendo un producto de consumo masivo (GALLEGOS *et al.*, 2007; CURY *et al.*, 2014).

Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales.

Son muchas las actividades agroindustriales que generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos; bien sea a nivel primario, la agricultura, o producción pecuarias o en procesos de transformación con materia prima de origen biológico. Esto ha motivado a diferentes instituciones a adelantar proyectos o investigaciones tendientes a propiciar el aprovechamiento de los mismos generando diferentes alternativas de aprovechamiento que han sido estudiadas e implementadas. La revisión

de literatura permite relacionar algunas investigaciones e iniciativas de proyectos para dar uso, valor agregado a los residuos agroindustriales.

Hongos comestibles

La obtención de hongos comestibles se constituye en una opción viable para el aprovechamiento de residuos sólidos. Según LOPEZ *et al.*, (2006) dice que uno de los hongos comestibles más estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* debido a la facilidad de cultivo y a su calidad nutricional, Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o ricos en fibra como troncos, ramas y bagazos, asimismo se presenta como una excelente alternativa para la producción de proteína para los programas de seguridad alimentaria (SALAZAR *et al.*, 2011). Para su cultivo se pueden utilizar materiales que contengan una composición similar a los que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentran los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin tratamiento previo, y contribuyen de esta manera al daño del ecosistema.

En el departamento de Cundinamarca, en la sabana de Bogotá se empleó un trabajo investigativo que ayudo a la evaluación del crecimiento y producción de este hongo sobre tres residuos agroindustriales (capacho de uchuva, cascara de arvejas y tusa de maíz), en condiciones controladas tanto ambiental y nutricional, en donde se determinó que el capacho de uchuva es el mejor sustrato, adecuado y eficiente, representando un 76.1 % de eficacia orgánica y un rendimiento superior al control; igualmente el tamaño y peso de los carpóforos, con un curso total de producción de 41 días en este sustrato, rentabilidad de 39.03 Kg/m² y excelentes características organolépticas; el tiempo de corrida del micelio muestra ser de interés para la utilización de este residuo agroindustrial en la producción a gran escala de este tipo de hongo macromycete. Se pudo concluir igualmente que el tipo de residuo agroindustrial utilizado no tiene incidencia significativa en el sabor en fresco o salteado como lo indican los resultados del análisis sensorial (LÓPEZ *et al.*, 2006). Otro sustrato estudiado es la producción de hongos comestibles, especialmente del género *Pleurotus spp.*, se ha convertido en una actividad importante para algunas familias de algunas comunidades del país, conjuntamente un excelente aprovechador de residuos agroindustriales (MARTINEZ, D, 2014)

Se pueden aprovechar los residuos de la fabricación de papel y caña de azúcar, cuya degradación natural se ve dificultada, por lo cual genera problemas de tipo

ambiental, cultivando sobre ellos el hongo comestible Shiitake (*Lentinula edodes*) que tiene la cualidad de convertir materiales como la celulosa, lignina y hemicelulosa, convirtiéndose en un importante agente transformador de desechos orgánicos agroindustriales. (CUELLAR *et al.*, 2002; BERKELEY, 1860). Además este hongo es capaz de ajustarse a zonas templadas, tropicales y subtropicales, demostrándose así su presencia en los diferentes niveles tróficos de los ecosistemas. Japón, china, entre otros actualmente maneja el mercado global; no obstante, el hongo *Shiitake* se ha ampliado en Europa y América por las excelentes características nutricionales y medicinales, colocándose en el tercer lugar en la escala de producción mundial de hongos comestibles y medicinales como el mencionado. Al fomentar el cultivo de hongos comestibles como el mencionado anteriormente, se puede ayudar a aprovechar sólidos lignocelulosicos de residuos agroindustriales, además de originar nuevos empleos y programas de seguridad alimentaria, tanto en el campo como en las ciudades. (MONTOYA y HERNÁNDEZ, 2006).

Se ha evidenciado que los hongos como el *shiitake* también se pueden utilizar en la purificación de aguas domésticas, industriales y también para la producción de enzimas y otros metabolitos de uso industrial, a partir del transcurso de su producción o utilizando el hongo (micelio o cuerpo fructífero) como materiales directos. (MONTOYA y HERNÁNDEZ, 2006).

Enzimas

Investigaciones con técnicas biotecnológicas con uso de enzimas para el aprovechamiento de residuos agroindustriales se ha ido incrementando. Encontrando en diversas investigaciones que el uso de mezclas enzimáticas tales como papaína, celulasa, peptinasa o mezclas enzimáticas comerciales permite degradar las membranas y paredes de las células de frutas y verduras facilitando la extracción de compuestos de valor nutritivo como aceites y compuestos fenólicos. Se puede obtener quitina y quitosano de los desechos de mariscos utilizando enzimas comerciales o generados por microorganismo. Además se pueden obtener moléculas de alto valor agregado a partir de derivados cítricos y mezclar con otras con el fin de obtener nutracéuticos (CASAS *et al.*, 2014).

Industria láctea

Esta industria genera grandes volúmenes de subproductos que en algunos casos son tratados como desechos, tal es el caso del lactosuero del que no son pocas las alternativas de aprovechamiento desarrolladas, tema importante desde hace mucho tiempo debido a las enormes cantidades producidas

y a su elevado poder contaminante. En las últimas décadas del siglo XX, el lactosuero se empleaba en muchos productos alimenticios, como bebidas, cremas para untar, mantequilla, concentrado proteínico, lactosa, proteínas en polvo, suero en polvo desmineralizado y quesos como el quesillo, entre otros según LONDOÑO *et al.*, (2008). Los lactosueros entero y desproteinizado provenientes de la elaboración de queso tipo mozzarella y requesón, presentan características fisicoquímicas que los constituyen en una materia prima que puede ser empleada como suero ácido en la elaboración de nuevos lotes de producción de este tipo de queso (CURY, K *et al.*, 2014). Estas tecnologías se basan en el aprovechamiento de los nutrientes presentes en este subproducto; se ha estudiado ampliamente la aplicación de mecanismos como la coagulación de las proteínas lactoséricas mediante acidificación, tratamientos térmicos y calcio, obteniéndose productos como el requesón, ricottone ó Ricotta, caracterizados por ser económicos y deseables para los consumidores (GARCÍA *et al.*, 2002). En diferentes países y desde el siglo pasado se ha estudiado la utilización del suero dulce para la alimentación humana, desarrollando técnicas comerciales para la elaboración de productos de gran calidad. Es posible que estos nuevos procesos transformen la imagen del este subproducto no deseado hacia una materia prima para la producción de productos de alta calidad (HASHIMOTO, 2007).

La preocupación para aprovechar los recursos naturales sin causar perjuicios al medio ambiente es creciente; por lo que existe una búsqueda de nuevos productos y tecnologías para optimizar los procesos reduciendo costos de producción al darle valor agregado a los residuos. Tal es el caso del uso de proteínas como ingredientes funcionales que permite el progreso de productos con características específicas, mejorando los productos tradicionales. Además agrega valor a los subproductos, que con frecuencia representan un problema ambiental para diferentes industrias, como es el caso del suero de queso. Aunque este suero contienen nutrientes excelentes, recientemente se han desplegado procesos comerciales para la elaboración de productos de alta calidad a partir de él (BERNAL, 2009).

Con el propósito de disminuir la cantidad de residuos en la industria quesera se desarrolló la investigación basada en la aplicación de la ultrafiltración de la leche y la concentración de proteína de suero, buscando un aumento significativo en el rendimiento del queso mediante la incorporación de las proteínas de suero; y la nanofiltración para concentración de lactosa para su uso en la industria de dulces o como materia prima para procesos de fermentación. El rendimiento de las membranas de ultra- y nanofiltración se caracterizó en términos de flujo de permeado, la membrana

de retención y el rendimiento, los parámetros se determinaron por la presión, el caudal y la temperatura de reciclaje. Comparando el comportamiento de separación de las membranas se encontró que las membranas investigadas (FS10, SP015 y RA55), son adecuadas para la concentración de las proteínas de la leche y suero de leche y lactosa con alto flujo y retención (ATRA *et al.*, 2005).

En el empleo de microorganismos para el aprovechamiento del lactosuero encontramos estudios realizadas en la Universidad Nacional de Colombia, donde evaluaron el suero de leche como sustrato para la producción de ácido cítrico utilizando *Aspergillus niger*, comparando dos tipos de hidrólisis de la lactosa con el fin de suministrar al microorganismo una fuente de carbono más estable; analizando además el efecto de los tratamientos y condiciones ambientales entre otras, en la producción de ácido cítrico (LÓPEZ *et al.*, 2006; MICHELI, 1729)

La Universidad Libre de Colombia realizó un estudio basado en la biotransformación del lactosuero con microorganismos de Kéfir para la obtención de una Bebida refrescante tipo lácteo; debido a la importancia que revisten en la actualidad estas fórmulas lácteas, consideradas bebidas nutricionales análogas de leche, ideales para programas gubernativos, que se pueden fabricar a base de lactosueros no salados. El lactosuero también se puede utilizar para la elaboración de bebidas refrescantes de alto contenido energético; estas se pueden fabricar también a base de lactosueros residuales desproteinizados resultantes de la elaboración de requesón. (CASELLES y VEGA, 2003). El lactosuero enseña un atractivo panorama para la industria de extracción y transformación debido al valor de sus componentes. Las posibilidades de conseguir derivados a partir de él son numerosas, desde sus componentes originales como lactosa, proteínas, grasas y minerales, hasta nuevos productos a partir de la aplicación de bioquímicas (RAMIREZ, 2015)

En la Universidad de Córdoba se evaluó el proceso de acidificación de lactosuero ácido (entero y desproteinizado) por fermentación con *Lactobacillus casei* para su utilización en elaboración de quesos de pasta hilada; logrando una acidificación hasta valores superiores al valor de referencia (120 °D) con la inoculación de *L. casei*, excepto en el lactosuero desproteinizado, inoculado con un 15 % de cultivo (CURY *et al.*, 2014; GORDON y DOELLE, 1976).

Valorización de Residuos Aprovechables

En el desarrollo un estudio denominado Valorización de residuos agroindustriales, frutas, en Medellín y el sur del Valle de Aburrá, Colombia; en el que se

pretendía no solo conocer la problemática de los residuos de fruta en la región objeto de estudio, si no conocer la cantidad, características composicionales y manejo dado a dichos residuos. Se estimó una encuesta hecha por un estudio que los residuos generados se derivan del procesamiento de naranja, guayaba, guanábana y mango cuya disposición en rellenos sanitarios tiene un valioso costo económico, el cual podría ser reducido implementando técnicas de valorización para la recuperación de los residuos como son el compostaje y la Lombricultura. Para el tema del compostaje como beneficio adicional, se puede “capturar” el gas producido (metano) para la generación de energía (BOHÓRQUEZ, 2014). Considerando el volumen de producción de residuos de las agroindustrias encuestadas, e información suministrada por la empresa de aseo de Medellín, se encontró que se generaban 27 ton/día en el Sur del Valle de Aburrá y 136 ton/día en Medellín, es decir, 163 ton/día; llegando a la conclusión de que con las empresas encuestadas podrían montarse plantas de valorización de residuos con capacidades de procesamiento de 9 a 375 ton/mes, dependiendo del proceso. Si se utilizaran todos los residuos generados en Medellín y el Sur del Valle de Aburrá, estas capacidades podrían multiplicarse por 20. (YEPES *et al.*, 2008)

Para valorizar residuos de zanahoria y levadura de cerveza descartados en diferentes empresas agroindustriales argentinas se propuso la utilización de los mismos en un proceso fermentativo para la obtención de etanol. Para este fin, el rendimiento de etanol del proceso de fermentación se evaluó mediante ensayos en un biocatalizador, su inóculo, la concentración de sustrato, el pH inicial y concentración de iones. Se percibió que el inóculo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y el ajuste del pH inicial en 4,5 permite aumentar el rendimiento de etanol 0.408 g/g) y la productividad en 10,4 g L⁻¹ h⁻¹, sin tener que desarrollar diluciones (AIMARETTI y YBALO, 2012). Las zanahorias desechadas constituyen una adecuada materia prima para la producción de etanol si tienen madurez y frescura a niveles óptimos, pudiendo proporcionar los iones necesarios y el balance C: N (Carbono-Nitrógeno) apropiado para la fermentación, además (AIMARETTI y YBALO, 2012; SÁNCHEZ y CARDONA, 2008). A estas condiciones de fermentación podría iniciarse el proceso sin esterilización de la zanahoria, sin embargo los resultados indicaron que un tratamiento térmico a 121°C durante 10 minutos no modificaría el rendimiento de etanol. Para evaluar el tiempo de vida útil de estos desechos se almacenaron a 4°C, obteniendo una conservación de 54 días para las zanahorias desechadas y 6 días para la levadura. Los resultados obtenidos indican que es posible valorizar los dos descartes agroindustriales regionales empleándolos para la obtención de etanol. La vinaza

restante puede ser evaluada para la alimentación animal. (AIMARETTI y YBALO, 2012)

Se ha realizado estudios, que reportan la producción de biohidrógeno a partir de varias fuentes de residuos agroindustriales, tales como: paja de arroz sometida a fermentación anaerobia a escala laboratorio en Taiwan, empleando los microorganismos presentes en el residuo (CHANG *et al.*, 2011), en México, Vinazas provenientes de la elaboración de tequila fueron fermentadas en un reactor secuencial anaerobio operado en lote, demostrando factibilidad del proceso sin necesidad de un tratamiento previo del residuo (BUITRÓN y CARVAJAL, 2010). Otra investigación en México, utilizó un hidrolizado ácido de paja de avena rico en almidón en un reactor empacado operando en continuo a nivel laboratorio (ARRIAGA *et al.*, 2011). También se realizó experimentos a nivel laboratorio utilizando suero de queso y un inóculo proveniente de un reactor anaerobio granular, en lote en viales serológicos de 120 ml y en continuo en un reactor agitado de 3 litros según DÁVILA *et al.*, (2008); DÁVILA *et al.*, (2009). También trabajaron en la fabricación de biohidrógeno utilizando suero de queso y una cepa mejorada genéticamente de *Escherichia coli* en biorreactores de un litro (ROSALES *et al.*, 2010).

Dado que las cortezas de cítricos muestran constituyentes activos muy importantes para la industria alimentaria como son los flavonoides, carotenoides, y pectinas (CEREZAL y PIÑERA, 1996). Se desarrolló un producto con valor agregado a partir de residuos agroindustriales, cortezas de naranja, por incorporación de vitamina D y E utilizando la ingeniería de matrices a través de la técnica de impregnación a vacío utilizada con éxito en para el desarrollo de uchuvas con características probióticas (MARÍN *et al.*, 2010), uchuvas y fresas con vitamina (RESTREPO *et al.*, 2009a y 2009b). Esta investigación se realizó en el marco del proyecto Aprovechamiento de subproductos de la industria de naranja (*Citrus sinensis*) en el desarrollo de productos con valor agregado” financiado por el Fondo para el Desarrollo de la Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista.; Se encontró que las cortezas de naranja permiten la fabricación de productos alimentarios ya que por sus características permitió la mezcla de diferentes componentes para las formulaciones y se logró disminuir el sabor amargo con la incorporación de soluciones de sacarosa (RESTREPO *et al.*, 2011).

En general, estudios llevados a cabo a nivel de Tesis Doctoral muestran que la utilización de las podas de sarmiento y las lías, procedentes del proceso de vinificación, pueden ser una alternativa viable para disminuir el precio total del ácido láctico obtenido por vía biotecnológica, así como una forma de disminuir

el impacto ambiental generado por los residuos producidos por el sector vitivinícola. De igual modo, en la extracción de jugos de manzana o zanahoria, así como en la fabricación de azúcar, se generan orujos ricos en pectinas, celulosa y hemicelulosas; los componentes principales de la pared celular vegetal. Se puede también obtener oligosacáridos, utilizando como materia prima residuos de cáscaras de naranja, piña y cachaza de caña panelera, a escala de laboratorio puede generar dextrano de grado técnico para su uso como espesante en la industrialización de alimentos y en el área de procesamiento de aguas residuales como floculante. (RODRÍGUEZ y HANSEN, 2007).

Se ha planteado estudios acerca del aprovechamiento de diferentes combinaciones de subproductos frescos de la molienda en industria azucarera (cachaza, bagazo y vinaza), como materia prima para la elaboración de compost, evitando el impacto negativo generado sobre las plantas al verterlos directamente sobre los suelos (QUIROZ y PÉREZ, 2013; BOHÓRQUEZ *et al.*, 2014). Estudios similares, fueron realizados por JARAMILLO, (2012), quien evaluó agrónomicamente el efecto enmendante de dos tipos de compost como acondicionador de suelos, elaborados a partir de subproductos de la elaboración de aceite de oliva, sobre suelos calizos de fertilidad orgánica baja en España, obteniendo resultados sobresalientes.

Estudios realizados en la Universidad Nacional de Medellín señalan que residuos provenientes de las frutas, pueden ser utilizados en alimentación animal y humana, abonos, obtención de biogás, en la extracción de aceites esenciales, pectinas, flavonoides, entre otros (YEPES *et al.*, 2008). En este contexto se ha adelantado tendientes a la extracción de aceites esenciales no solo a nivel de frutas, si no que material residual poco empleado para este fin como el capacho de la uchuva ha demostrado resultados favorables (MORALES y LOPEZ, 2008).

Industria curtiente

Son pocos los estudios que se han realizado acerca de los desechos forjados en las distintas etapas del proceso de curtición de pieles. Dentro de los más representativos se encuentra el desarrollado para la caracterización de los residuos de descarnes y carnaza revisando sus potencialidades como fuente energético-proteica en la nutrición de los monogástricos. Los residuos con pH entre 12 y 13 se trataron con una solución ácida de ácido sulfúrico concentrado a razón de 5g/100g de carnaza, para evitar la putrefacción, conservar el producto por unos siete días y para su aprovechamiento en la alimentación animal donde el pH debe ser neutro o acercarse a la neutralidad para

evitar trastornos en los animales. Lo anterior se llevó a cabo mediante el estudio de 20 muestras de carnaza procedentes de la Tenería Abel Santamaría de la ciudad de Camagüey, Cuba, a las cuales se le realizaron análisis Bromatológicos en donde se determinó proteína bruta, materia seca, extracto etéreo, ceniza, calcio y fósforo según técnicas de AOAC (1995). Finalmente se concluye que la carnaza debido a sus potencialidades energéticas proteicas, a su porcentaje de grasa y cenizas, es un producto apto microbiológicamente para el consumo animal y podrá sustituir al menos el 50% de la proteína; en otros estudios se determinaron que es necesario suplementar con aminoácidos condensados, cuando se maneje este producto en los cerdos en crecimiento, debido al desbalance en este componente esencial para estos animales. (GONZALEZ *et al.*, 2002; CASTRO y MARTÍNEZ, 2015).

Con el propósito de adecuar los residuos de descarnes para su posterior utilización en la recuperación de grasa y proteína, o en la utilización para producción de gelatinas se desarrolló la investigación para separar la cal, impregnada en el proceso de curtido de pieles, de las muestras recogidas en las curtiembres de Sampués. Utilizando como descalcante ácido sulfúrico, un sistema de agitación y control de las variables temperatura y tiempo. Este estudio demostró que se puede retirar gran parte de la cal y mantener el porcentaje de grasa para su posterior recuperación, manteniendo las variables del tratamiento controladas a una temperatura de 30 °C y una concentración de 2 ó 3 N durante 4 horas (MARTÍNEZ Y PARIS, 2010). Demostrándose que el descalcado mediante baños termotratados tipo bombo, es una técnica capaz de retirar la cal hidratada y mantener un elevado contenido de grasa en las carnazas de una curtiembre, quedando estas en condiciones de ser aprovechadas, luego de su ablandamiento, reducción de tamaño, secado y enriquecimiento en alimentación animal (AGUAS *et al.*, 2016).

Consideraciones finales

Si bien es en su mayoría las agroindustrias generan residuos cuyo manejo o disposición final ha sido altamente cuestionado en el transcurrir de la historia, de igual modo no han sido pocas las investigaciones desarrolladas para aportar alternativas de aprovechamiento que procurarían solución a la problemática generada y cuya implementación reduce las implicaciones legales y sociales, a la vez que genera beneficios al lograr un máximo rendimiento de estos, alcanzando una reducción en la contaminación y generación de ganancias económicas que se derivarían del valor agregado dado a los mismos a través de tratamientos que en algunos casos resultan ser económicamente viables.

REFERENCIA

- AGROCADENAS MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2005. *Agroindustria y competitividad Estructura y dinámica en Colombia 1992 – 2005*. Colombia.
- AGUAS, Y.; CURY, K.; OLIVERO, R.; MARTINEZ, C.; MERCADO, I.; PARIS, A. 2016. Análisis del tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarte en curtiembres. *Ing. USBMed*, 7(1):20-25
- AIMARETTI, N.; YBALO C. 2012. Valorization of carrot and yeast discards for the obtention of etanol. *Biomass and Bioenergy* 42:18-23.
- ALZATE, A. 2004. Diagnóstico y estrategias proyecto gestión ambiental en el sector curtiembres. Centro Nacional de Producción más limpia y tecnologías ambientales. 22 pp.
- A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 17th. ed., Association of Official Agricultural Chemists, Washington D.C, 1995.
- ARRIAGA, S.I.; ROSAS, F.; ALATRISTE, M.; ERAZO, F. 2011. Continuous production of hydrogen from oat Straw hydrolysis in a biotrickling filter. *International Journal of Hydrogen Energy*. 36: 3442-3449.
- ATRA, R.; VATAI, G.; MOLNAR, E.; BALINT, A. 2005. Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering*. 67(3):325-332.
- ASOCAÑA (SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO).2015. Aspectos Generales del Sector Azucarero Colombiano 2015-2016.COLOMBIA
- BAYER, 1990. Curtir, teñir, Acabar. Leverkusen RFA, 300 pp
- BERNAL, C. 2009. Purificación de Inmunoglobulinas de Suero de Leche por Técnicas Cromatográficas. Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 69 pp.
- BOHÓRQUEZ, A.; PUENTES, Y.; MENJIVAR, J. 2014. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Revista Corpoica. Ciencia y tecnología agropecuaria*. 15(1) 73-81.
- BUITRÓN, G.; CARVAJAL, C. 2010. Biohydrogen production from Tequila vinasses in an anaerobic sequencing batch reactor: Effect of initial substrate concentration, temperature and hydraulic retention time. *Bioresource Technology*. 101: 9071-9077.
- CALLEJAS, J.; PRIETO, F.; REYES, V.; MARMOLEJO, Y.; MÉNDEZ, M. 2012. Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*. 22(1): 11-18.
- CASAS, L.; CORAL, G.; SANDOVAL, F. 2014 Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Revista digital universitaria* .15 (12): 1607-6079.
- CASELLES, C.; LARA, P. 2003. Biotransformación del Lactosuero con Microorganismos del Kéfir para Obtener una Bebida Refrescante de Tipo Lácteo. *Revista de microbiología*. 2(2): 15-23
- CASTRO, M.; MARTINEZ, M. 2015. Utilización de otros productos no tradicionales. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. Pag.193.
- CEREZAL, P.; PIÑERA, R. 1996. Carotenoides en las frutas cítricas. Generalidades, obtención a partir de desechos del procesamiento y aplicaciones. *Alimentaria*. 33: 19–32.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (CENICAÑA). 2010. Informe anual. 160 p.
- CHANG, A.T.; YING HSUAN, H.; MINGHSIANG, L.; CHYI, H.; CHIU YUE, L. 2011. Hydrogen production by the anaerobic fermentation from acid hydrolyzed rice straw hydrolysate. *International Journal of Hydrogen Energy*. 36(21): 14280- 14288.

CNPMLTA - Centro nacional de producción más limpia y tecnologías ambientales, 2004

CPTS. Centro de Promoción Tecnología Sostenible. 2003. Guía técnica de Producción más Limpia para Curtiembres. Otras Medidas de Producción más Limpia: Valoración de Residuos. Capítulo 8. Primera edición. 138 p. Disponible en: <http://www.Cpts.org/prodlimp/guias/cueros/capitulo8.pdf>.

CUÉLLAR, A.; VILLEGAS, D.; LEÓN, O.; PÉREZ, I. 2002. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, Pública, pp. 88-92.

CURY, K.; ARTEAGA, M.; MARTÍNEZ, G.; LUJÁN, D.; DURANGO, A. 2014. Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteínizado) utilizando *Lactobacillus casei*. Revista Colombiana de Biotecnología. 16(1):129-136

DÁVILA, G.; ALATRISTE, F.; DE LEON, A.; RAZO, E. 2008. Fermentative hydrogen production in batch experiments using lactose, cheese whey and glucose: Influence of initial substrate concentration and pH. International Journal of Hydrogen Energy. 33: 4989-4997.

DÁVILA, G.; COTA, C. B.; ROSALES, L. M.; DE LEON, A.; RAZO, E. 2009. Continuous biohydrogen production using cheese whey: Improving the hydrogen production rate. International Journal of Hydrogen Energy. 34: 4296-4304.

GARCIA, E.; REIS, J.; MINIM, L.; GIRALDO, A. 2002. Proceso de Purificación de las Proteínas Del Lactosuero usando Cromatografía por Exclusión Molecular. Revista Tecnología e Higiene de los Alimentos. 339: 33-38.

GALLEGOS, J.; ARRIETA, G.; MATTAR, S.; POUTOU, R.; TRESPALACIOS, A.; CARRASCAL, A. 2007. Frecuencia de *Listeria spp.*, en quesos colombianos costeros. Revista MVZ Córdoba. 12(2): 996-1012.

GALANAKIS, C. 2012. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications". Trends in Food Science & Technology. 26(2): 68-87.

GONZÁLEZ, C.; CASARES, O.; BARROSO, L. 2002. Caracterización de la Carnaza de Tenería y su Utilización en la Alimentación de monogástricos. Revista producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 14(1):5-8.

GONZALEZ, M. 2012. aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. mundo pecuario viii, nº 1, 16-32.

GORDON, G. L.; DOELLE, H. W. 1976. Purification, properties and immunological relationship of L (+)-lactate dehydrogenase from *Lactobacillus casei*. **European Journal of Biochemistry**. 67(2): 543-555.

GUERRERO, W.; CASTILLA, P.; CÁRDENAS, K.; GÓMEZ, C.; CASTRO, J. 2012. Degradación anaerobia de dos tipos de lactosuero en reactores UASB. Tecnología Química. 33(1): 99-106.

HASHIMOTO, P. 2007. Estudio de Factibilidad para la Aplicación de un Sistema de Inocuidad de Alimentos, Basado en la normatividad Nacional Hondureña; en una Planta Agroindustrial de Jugos de Fruta a base de Lactosuero Dulce. Tesis de Maestría. Universidad para la Cooperación Internacional. San José de Costa Rica. 136 p.

HASSEN, H. 2000. Producción Limpia, Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Revista Escuela de administración de negocios. 3940:56-72.

INDA, A. 2000. Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de la Quesería. Capítulo IV. Opciones para darle valor agre-gado al lactosuero de quesería. Editado por Organización de los Estados Americanos (OEA). División de Ciencia y Tecnología: pp. 63-93. México.

INGENIO RIOPAILA-CASTILLA. Memorias 2011. Informe de gestión. 32 p.

JARAMILLO, C. 2012. Evaluación agronómica de un suelo calizo enmendado con compost de alperujo. Tesis de magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en suelos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 83 p.

- LAGUA, H. 2011. Elaboración de una bebida nutritiva a partir de la pulpa de maracuyá (*Pasiflora incarnata*), y suero láctico, en la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar. Tesis doctoral. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador. 170 p.
- LIU, X.; CHUNG, Y.; YANG, K.; YOUSEF, S. 2005. Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Process Biochemistry*. 40(1): 13-24.
- LONDOÑO, M.; SEPÚLVEDA, J.; HERNÁNDEZ, A.; PARRA, J. 2008. Bebida Fermentada de Suero de Queso Fresco Inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 61(1):4409-4421.
- LÓPEZ, C.; ZULUAGA, A.; HERRERA, S.; RUIZ, A.; MEDINA, V. 2006. Producción de **Ácido Cítrico** con *Aspergillus Niger* NRRL2270 a Partir de Suero de Leche. *Revista DYNA*. 73(150):39-57.
- MARÍN, Z.; CORTÉS, M.; MONTOYA, O. 2010. Frutos de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Ecotipo 'Colombia' mínimamente procesados, adicionados con microorganismos probióticos utilizando la ingeniería de matrices. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 63 (1)5395-5407.
- MARTÍNEZ, A. 2012. Bebida deslactosada y fermentada a partir del lactosuero, con pulpa de maracuyá, y enriquecida con l-glutamina, Tesis de Maestría en Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Córdoba, Argentina.
- MARTÍNEZ, C.; PARIS, A. 2010. Determinación del Tratamiento Óptimo por Baños Termotratados Tipo Bombo para la Separación de Cal de los Residuos de Descarne del Proceso de Curtición Semiartesanal Desarrollado en Sumpués – Sucre. Tesis de pregrado. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Sucre. Colombia. 104 pp.
- MARTINEZ, D. 2014. Producción de tres especies de pleurotus spp. utilizando diferentes sustratos; nuevo progreso, san marcos. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. pag.16.
- MAYAGUEZ. 2013. Procesos de alcohol.colombia. Disponible en: <http://www.ingeniomayaguez.com/proceso-alcohol>
- MICHELI, P.1729. Nova plantarum genera luxta tournefortii methodum disposita.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2011. informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables: Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud.colombia.pag.16.
- MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA. S. 2014. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*. 65: 28–41.
- MONTOYA, S.; HERNÁNDEZ, F. 2006. Importancia de la Cadena Productiva Del Hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) para Fomentar su Cultivo. *Revista Vector*. 1(1): 63 – 68.
- MORALES, C.; LÓPEZ, J. 2008. Desarrollo de un Proceso de Deshidratación de Uchuva. Tesis de pregrado. Programa Ingeniería Química. Universidad Nacional. Colombia. 151.
- PARRA, R. 2009. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 62(1): 4967-4982.
- QUELET, L. 1881. *Comptes rendu Assoc. Franc. Avanc. Sci*. 9: 661
- QUIROZ, I.; PÉREZ, A. 2013. Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5:1069-1075.
- RAMIREZ, J. 2015. Diseño de procesos en Industria Láctea: Transformación de lactosuero. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 09.
- RESTREPO, A.; RODRÍGUEZ, E.; MANJARRÉS, K. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales. *Revista Producción + Limpia*. 6 (2) 47-57.

- RESTREPO, A.; CORTÉS, M.; MARQUES, C. 2009a. Uchuvas (12. *Physalis peruviana L.*) Mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. VITAE. 16(1): 19-30.
- RESTREPO, A.; CORTÉS, M.; ROJANO, B. 2009b. Determinación de la vida útil de fresa (13. *Fragaria ananassa Duch.*) Fortificada con vitamina E. DYNA 159: 7353
- RODRÍGUEZ, O.; HANSEN, H. 2007. Obtención de Dextrano y Fructosa, Utilizando Residuos Agroindustriales con la Cepa *Leuconostoc mesenteroides*. Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia. 7:159-172.
- ROSALES, L.M.; RAZO, E.; ORDOÑEZ, L. G.; ALATRISTE, F.; DE LEÓN, A. 2010. Hydrogen production by *Escherichia coli hycA* lacl using cheese whey as substrate. International Journal of Hydrogen Energy. 35: 491-499.
- SALAZAR, T.; NEVÁREZ, Q.; NARANJO, J.; RIVERA, N. 2011. El cultivo de hongos comestibles como alternativa económica y social en Súchil, Dgo.VI. Congreso Nacional Estudiantil de Investigación Politécnica. 1era Jornada de prototipos. Memorias. México. 31 p
- SÁNCHEZ, O.; CARDONA, C. 2008. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. Bioresource Technology. 99: 5270-5295
- SAVAL, S. 2012. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro". 2012 Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. 16 (2): 14-46.
- SEITZ, A. 1990 Aspectos ambientales de los productos de la producción de cueros Wet-Blue y Crosta. Basf Química colombiana S.A. 120.
- WADHWA, M.; BAKSHI, M. P. S.; MAKKAR, H. P. S. 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. (H. Makkar, Ed.) (p. 68). Roma
- YEPES, S.; MONTOYA, L.; OROZCO, F. 2008. Valorización de Residuos Agroindustriales - Frutas – en Medellín y el Sur del Valle de Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Universidad nacional. 61(1):4422-4431.