

## Evaluación energética y ambiental de los usos actuales y prospectivos de la vinaza

*Juan C. Clavijo S., Irma J. Sandabria G., Judith Rodríguez S.*

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. <sup>2</sup> Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad del Valle. Autor para correspondencia: geal\_pal@unal.edu.co

**Palabras clave:** Residuos de cosecha, caña de azúcar, vinaza, biodigestión, oxidación.

En el 2011 los ingenios alcohólicos del valle geográfico del río Cauca produjeron 341.19 millones de litros de bioetanol (Asocaña, 2012). En este proceso se generan de nueve a catorce litros de vinaza por litro de etanol en la etapa de destilación (Rodríguez, 2009); mediante procesos de recirculación y evaporación la vinaza se concentra hasta una relación de uno a tres litros por litro de etanol, y se utiliza para elaborar fertilizantes líquidos e hidratar pilas de compostaje. Sin embargo, la evaporación de agua es una operación de elevado gasto energético y se requieren criterios para emplear la fertilización líquida con vinaza. Si además se considera la creciente demanda nacional de bioetanol, resulta pertinente evaluar la sostenibilidad de procesos actuales y prospectivos para el manejo de la vinaza. En este trabajo se busca evaluar energéticamente el proceso de concentración de vinaza en un caso industrial de la región, así como los usos de la vinaza concentrada. Por otra parte se exploran las potencialidades energéticas y ambientales de la integración de procesos avanzados de oxidación y digestión anaeróbica como alternativa de utilización de la vinaza.

### Metodología

En un proceso de concentración de vinazas de un ingenio azucarero del Valle del Cauca, se hizo seguimiento por noventa días a las siguientes variables: consumo de vapor en intercambiadores de calor, volumen total de vinaza generada en la etapa de destilación, volumen de vinaza destinada a la concentración, volumen final de vinaza concentrada y volumen producido de bioetanol anhidro. Los datos fueron utilizados para establecer indicadores de eficiencia energética y productiva en el proceso.

### Resultados

En el proceso de concentración de vinaza, para lograr una reducción volumétrica del 68% se consumen 0.52 kg de vapor (25 psi) por litro de vinaza diluida, lo que se traduce en 4,099.6 kJ por cada litro de agua evaporada de la matriz de la vinaza. Esto representa el 72% de la energía total requerida, en términos de vapor, para producir el etanol. También representa el 30% de la energía contenida en el etanol anhidro. Al evaluar los usos actuales de la vinaza, se observa que el compostaje y la fertilización líquida con vinazas generan impactos ambientales directamente en suelo, agua y aire. Por otra parte, la caracterización de la vinaza muestra en todo tiempo un alto contenido de materia orgánica y nutrientes, por ello la digestión anaeróbica (DA) es una opción tecnológica atractiva para su aprovechamiento, con obtención de energía (en forma de metano) y un agente fertilizante.

Los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO) son tratamientos fisicoquímicos basados en la generación de radicales hidroxilo, que pueden convertir esta clase de compuestos en moléculas más asimilables por bacterias anaeróbicas. Estudios de acoplos PAOs-anaerobio han reportado incrementos en la producción específica de metano (ml CH<sub>4</sub>/g SSV) del 25 al 41.6% (Martín et al, 2002; Siles et al., 2011). El incremento en la eficiencia del proceso biológico podría compensar el consumo energético en el pretratamiento fisicoquímico. Así, se podría pensar en un escenario donde en lugar de gastar energía para tratar la vinaza, se aproveche la vinaza para generar energía.

### Conclusión

La integración de procesos avanzados de oxidación (PAO) con digestión anaeróbica puede ser una opción energética y ambientalmente viable para el aprovechamiento de la vinaza, por lo cual es pertinente profundizar en su estudio.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), a la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y a la Universidad del Valle por su respaldo.

## **Referencias**

- Asocaña. Balance azucarero colombiano 2000-2010. Disponible en: <http://www.asocana.org/modules/documentos/secciones.aspx?tipo=3&valor=194>.
- Domínguez S.P. y Besosa T.R. Efecto de la Vinaza Concentrada en la Producción y Calidad de la Caña de Azúcar [Publicación periódica] // Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. - Palmira: [s.n.], 1992.
- Martín, M.; Raposo, F.; Borja, R.; Martín, A. Kinetic study of the anaerobic digestion of vinasse pretreated with ozone, ozone plus ultraviolet light, and ozone plus ultraviolet light in the presence of titanium dioxide. *Process Biochemistry* 37 (2002) 699–706.
- Morales A. La Vinaza, origen y composición: Agroindustrialización de las Vinazas [Publicación periódica] // Técnicaña. - 2006.
- Rodríguez, J. Tecnologías Utilizadas en la Producción de Alcohol Carburante. Documento de Promoción. Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 2009.
- Siles, J.; García-García, I.; Martín, A.; Martín, M. Integrated ozonation and biomethanization treatments of vinasse derived from ethanol manufacturing. *Journal of Hazardous Materials* 188 (2011) 247–253
- Tewari, P., Batra, V. and Balakrishnan, M., 2007, Water management initiatives in sugarcane molasses based distilleries in India. *Resources Conservation and Recycling*, 52: 351–367.