

# Alternativas para el tratamiento de residuales de una fábrica de azúcar y de levadura Torula. Estudio de caso: empresa azucarera Ciro Redondo

Yohana de la Hoz-Izquierdo\*, Yaima Izquierdo-González, Georgina Michelena-Álvarez y Orly M. López-Delgado  
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)  
Vía Banca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.  
\*yohana.delahoz@icidca.azcuba.cu

## RESUMEN

Este trabajo se realizó en la Planta de Levadura Torula Alfredo Pérez, en la provincia de Ciego de Ávila, se consideró la información brindada por la empresa acerca del sistema de tratamiento de los residuales de la planta y la caracterización de sus aguas residuales. Se logró una caracterización completa de las aguas residuales a la salida dicha planta, con el objetivo de elaborar una concepción general para la solución de los residuales de esta industria, que cumpla con las regulaciones ambientales establecidas en el país. **Palabras clave:** aguas, residuales, medio ambiente.

## ABSTRACT

This work was carried out at the Torula “Alfredo Pérez” yeast plant, in the province of Ciego de Ávila and the information provided by the factory about the waste treatment system of the plant, and the characterization of its wastewater was considered. As a result, a complete characterization of the wastewater was obtained at the integral of the residuals of the “Torula Alfredo Pérez” plant, with the aim of developing a general conception for the integral solution of the residuals of this industry that complies with the environmental regulations established in the country.

**Key words:** water, residual, environment.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria azucarera y sus derivados, a partir de la caña de azúcar, es una de las fuentes de más impacto en la contaminación, debido a la generación de altos volúmenes de residuales líquidos de alto poder contaminante. Esto ha conllevado a que surjan restricciones, cada vez más severas, con relación al vertimiento de los efluentes industriales, por lo que deben ser tratados adecuadamente, a fin de reducir la contaminación ambiental (1).

En Cuba, la producción de derivados a partir de la caña de azúcar tiene un significado importante para el desarrollo del país; entre esos derivados se destaca la levadura Torula (proteína que se desarrolla a partir de mieles y aguas residuales de la producción de alcoholes) (2).

La producción de levadura Torula genera aguas residuales (RLT) que, por su contenido de materia orgánica, constituyen una fuente de contaminación cuando se vierten al medio. Es necesario obtener información, medios y mecanismos que permitan evitar tal situación, utilizarlos y lograr beneficios económicos y sociales (3).

Cerca del 80 % de los residuales que genera la industria eran vertidos hacia la cuenca norte, y se mezclaban con los albañales de la población. Debido a los años de explotación estos canales han sufrido deterioro que han provocado obstrucciones y, por tanto, el desbordamiento de los residuales dentro de la zona urbana.

Por estas razones, consideramos imprescindible realizar el análisis integral de los residuales de la empresa y lograr una solución definitiva a estos problemas ambientales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El caso de estudio es Planta de Levadura Torula Alfredo Pérez, que se encuentra anexa al central Ciro Redondo, pertenecientes a la Empresa azucarera Ciro Redondo, ambas son grandes generadoras de aguas residuales.

Según datos históricos, el ingenio genera un volumen de residuales de 6 393 m<sup>3</sup>/d y la Planta de Levadura Torula, un volumen de 1 370 m<sup>3</sup>/d, para un total de 1 200 990 m<sup>3</sup> al año. Actualmente, se reportan índices de consumo de agua de 0.75 m<sup>3</sup> /t de caña molida y de 92 m<sup>3</sup>/t de levadura torula (4).

Con el objetivo de disminuir la contaminación de la comunidad y del manto freático, se trabajó en el desvío de aproximadamente el 70 % de los residuales del ingenio hacia la cuenca sur, y se unieron estos con los residuales de la torula y el resto de los residuales del ingenio.

Para el análisis integral de los residuales de la empresa, la caracterización de las aguas se realizó en el laboratorio LAGUAZUR, que pertenece al Centro Nacional de Gestión del Medio Ambiente (CENGMA) ambos creados por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), para el desarrollo de estudios de tratamientos y/o disposición de los residuales de la industria azucarera y sus derivados (5). El laboratorio desarrolla procedimientos analíticos para el control de los sistemas de tratamiento de residuales de la industria azucarera y los derivados así como de otras industrias que soliciten sus servicios) (6, 7). Tiene implementado el Sistema de Gestión de la Calidad, según la norma NC ISO/IEC 17025: 2006 y se encuentra acreditado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Residuales líquidos

**Central - Planta de Fitomás - Bioeléctrica:** se generan corrientes residuales, debido a los procesos productivos que se descargan a zanjas que se unen los residuales del central, de la fábrica de Fitomás y de la bioeléctrica, y de ahí pasan al sistema de tratamiento que consta de dos embalses homogeneizadores.

#### Planta de Torula

- Agua de las limpiezas de los tanques de almacenamiento, en el área de recepción y preparación de materias primas (miel). El sistema de limpieza de estos tanques es con agua caliente y vapor, cada 21 días.

*Solución:* Estas aguas se enviarán al tanque de efluentes de 1 500m<sup>3</sup>.

- Agua de limpieza de equipos, en el área de fermentación y desemulsión la limpieza se realiza con vapor y se consumen de 20 a 25 m<sup>3</sup> de agua cada 6 meses.

*Solución:* Estas aguas se enviarán al reservorio de agua residual de 1 500 m<sup>3</sup>.

- Efluente producido por el lavado de equipos (tanque de balance, centrifugas y filtros) en el área de separación y lavado.  
*Solución:* Esta agua se enviará al reservorio de 1 500 m<sup>3</sup>, para su uso y posterior tratamiento.
- Efluente producido por el lavado de equipos (tanque de 200 m<sup>3</sup> de colección de la crema de levadura), en el área de termólisis y concentración.  
*Solución:* Esta agua se enviará al reservorio de 1500 m<sup>3</sup>.
- Agua pluvial. Es enviada al sistema de alcantarillado.
- Efluente que resulta de la mezcla del lavado de los equipos, que son enviados al tanque de los efluentes de 1 500 m<sup>3</sup> de capacidad y, de este, es bombeado al sistema de tratamiento, mediante membranas de ultrafiltración y, de ahí, para la planta de producción de biogás. El lavado del tanque es efectuado con agua caliente. Se adiciona ácido sulfúrico para el control del pH.  
*Solución:* Los efluentes son bombeados al tanque de 1 500 m<sup>3</sup> de capacidad y, de este, al sistema de tratamiento, mediante membranas de ultrafiltración y, de ahí, para la planta de producción de biogás, por dos bombas centrifugas.

Las características físico-químicas de los residuales de la Planta de Levadura Torula Alfredo Pérez, desde el punto de vista de la contaminación ambiental se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Caracterización de la salida integral de los residuales de la Planta de Levadura Torula Alfredo Pérez

Ensayos (Unidad)	1er Separador	2do Separador	Unión de todos los puntos	NC 27: 2012
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	15086	25011	14689	160
DBO5 (mg.L <sup>-1</sup> )	4081	10833	5000	60
pH	3.79	4.36	4.16	6-9
Temperatura (°C)	24.4	24.4	23.9	
CE (mS.cm <sup>-1</sup> )	3.12	3.86	2.14	2.0
Temperatura (°C)	24.4	24.4	23.9	
Pt (mg.L <sup>-1</sup> )	31.02	-	-	5

Donde: CE: conductividad eléctrica y Pt: fósforo.

Se puede observar que el residual resultante de la unión de todos los puntos posee una DQO elevada, del orden de los 14700 mg.L<sup>-1</sup>, si se toma en cuenta que la DQO promedio de un ingenio, con una política adecuada de uso y reuso del agua es de, aproximadamente, 2 000-5 000 mg.L<sup>-1</sup>, lo que evidencia que contiene altos contenidos de materia orgánica como azúcares no recuperados y componentes no fermentables de las mieles.

La relación de DBO/DQO, en el punto de unión de las muestras analizadas fue de 0.34; indica que, aproximadamente el 34 % de la materia orgánica es biodegradable, posiblemente por la presencia de azúcares que no fueron aprovechados durante la fermentación, u otros que no son fermentables. Las concentraciones de fósforo de las muestras analizadas son altas.

El pH de las muestras analizadas fue ácido, debido a la descomposición de la materia orgánica que produce ácidos grasos volátiles. La conductividad eléctrica de las muestras analizadas es ligeramente elevada debido, quizás, a la presencia de altos contenidos de iones inorgánicos, como potasio y sulfatos, provenientes de las vinazas de la destilería.

## Concepción general de la solución integral de residuales

**Conductora - embalses homogeneizadores - fertirriego:** para los residuales del central, de la fábrica de Fitomás y de la bioeléctrica.

Se propone la ejecución de una conductora desde el foso mezclador, donde se unen las corrientes residuales de la planta de Fitomás, Central Azucarero y la planta de Torula, hasta un punto donde existe una tubería que condujo residuales y que pasa fuera de los límites del área definida para la Bioeléctrica. La conductora medirá 71.5 m x 315 mm Ø.

Con la construcción de la conductora a presión hasta los embalses, se lograra la conducción de los residuales, de manera cerrada y no a cielo abierto, que generara un impacto positivo sobre el medio ambiente, y reducirá los malos olores y la posible contaminación del medio ambiente.

Como disposición final del efluente, se propone su uso como fertilizante en plantaciones de caña de azúcar. El valor fertilizante de la corriente integral permitirá que pueda ser utilizada como enmienda orgánica, en las dosis y frecuencias adecuadas, según el tipo de suelo.

En este caso, se propone un primer embalse con tiempo de retención de 1 a 2 días, de manera que se produzca la homogeneización y enfriamiento del residual, antes de su aplicación, sin que exista degradación de la materia orgánica. Un segundo embalse, que evite el vertimiento de esta agua a un curso receptor, cuando no sea posible su riego regular.

La estación de bombeo de estas aguas para el riego deberá estar conectada de tal forma que permita evacuar los residuales desde el primer embalse, en forma regular, o desde el segundo, cuando las condiciones lo demanden.

**Residuales de la producción de Torula:** mediante la producción de biogás y un sistema de membranas.

### Primera etapa de tratamiento. Planta de producción de biogás de 3 400 m<sup>3</sup>/d, para ser utilizado en el secador de Torula

La proyección actual de la industria de derivados muestra una tendencia a encontrar métodos de tratamientos que den mayor aprovechamiento a los residuales, con la obtención de subproductos de mayor utilidad, tanto para la industria como para la sociedad.

De acuerdo con los residuales generados y la estimación del DQO (1370 m<sup>3</sup>/día con DQO 14 kg/m<sup>3</sup>, si se considera 50 % de remoción del DQO y una conversión de 0.35 m<sup>3</sup>/kg DQO reducido, se estima una producción de biogás de 3400 m<sup>3</sup>/día equivalente a un consumo de 2.5 t/d de petróleo. Si se considera que el índice de consumo de petróleo es 0.38 t/t de levadura, sería necesario 5.7 t/d de petróleo, por lo que con esta solución se reduce el 43 % del consumo de petróleo en el secador spray, para concentrar la crema termolizada de levadura y llevarla a polvo seco de levadura, además de producir un efluente con menor carga orgánica contaminante.

### Segunda etapa de tratamiento

Se propone una tecnología de filtración por membranas al efluente de la producción de biogás, para la remoción de la carga contaminante residual (1 370 m<sup>3</sup>/día con DQO estimada de 7 kg/m<sup>3</sup>). Esta tecnología no ha sido aplicada industrialmente para el tratamiento de las aguas residuales de Torula. A nivel de investigación, la microfiltración y ultrafiltración han sido estudiadas para la remoción de carga contaminante de aguas residuales de la industria de levaduras. Esta alternativa brinda la posibilidad de reutilizar el permeado líquido en el proceso industrial y el concentrado como fertilizante.

Estudios de estas tecnologías de membranas, como alternativas para el manejo de las vinazas de destilerías, han mostrado que se logra concentrar vinazas con el empleo de membranas de cerá-

mica de 1 y 15 kDa y con variaciones de la presión transmembrana entre 0.1-0.7 MPa. Los mejores resultados se obtuvieron con la membrana de 1 kDa, la cual permitió remover el 58 % de los sólidos totales, el 70 % de la materia orgánica (MO), el 92 % de la turbidez y el 82 % del color.

Se estima un área de filtración de 45 m<sup>2</sup>, para un ciclo de trabajo de 20 horas y 4 horas de limpieza.

El permeado de la filtración por membranas puede evaluarse como agua de proceso para la fermentación de la levadura y/o reutilizarla como agua en la industria, lo cual cerraría un ciclo de tratamiento.

## CONCLUSIONES

Los residuales líquidos de la Planta de Levadura Torula Alfredo Pérez no cumplen con las normas de vertimientos, al superar los límites permisibles de materias orgánicas, fósforo y la presencia de altos contenidos de iones inorgánicos, como potasio y sulfatos, que provienen de las vinazas de la destilería.

Estudios de las tecnologías de membranas, como alternativas para el manejo de las vinazas de destilerías, han mostrado que se logra concentrar vinazas con el empleo de membranas de cerámica de 1 y 15 kDa y con variaciones de la presión transmembrana entre 0.1-0.7 MPa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gálvez, L. O. (2000). "Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar". Tercera Edición. ICIDCA, Ciudad de La Habana.
2. "Nueva planta de levadura Torula". (2003). *CubaAzúcar*, Vol XXXI, No. Especial, Marzo.
3. Gómez, R. (1980). "Levadura Forrajera". *La industria de los Derivados de la caña de azúcar*. Editorial Científico Técnica.
4. Almazán, O; Sáez, A. (1972). "Comparación de sistemas de doble y simple etapa en la producción de levadura Torula en mieles finales de caña". *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, Vol VI, No. 3, 3.
5. Obaya, M.C.; Valdés, E.; Eng, F. Metodologías para la caracterización de las aguas y aguas residuales para su calidad de agua para el riego. Editorial ICIDCA, 2003. Monografía. Compendio de los derivados.
6. APHA y APWA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters, Ed 2000, p 460-465, 14th Edition, New York.
7. Manual de Procedimiento Normalizado de los ensayos del laboratorio Laguazur, documento interno, 2019.