

Artículo Original

***ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA PRODUCIR LEVADURA
TORULA A PARTIR DE VARIOS SUSTRATOS***

***STUDY OF ALTERNATIVES FOR PRODUCING TORULA YEAST FROM
VARIOUS SUBSTRATES***

Lirianet Fuentes Ramírez^{1*} <https://orcid.org/0009-0001-2318-5920>
Christian Manuel Mutis Silveira² <https://orcid.org/0009-0006-6152-9372>
Isabel Cabrera Estrada¹ <https://orcid.org/0000-0002-5307-1502>
Mariano F. Cortés Falcón¹ <https://orcid.org/0000-0001-6227-9869>

¹Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central "Marta Abreu" de La Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

²Empresa Agroindustrial Alimentos y Bebidas La Estancia, Sancti Spíritus, Cuba.

Recibido: Noviembre 4, 2025; Revisado: Noviembre 15, 2025; Aceptado: Noviembre 27, 2025

RESUMEN

Introducción:

El empleo de los subproductos de la caña en la alimentación animal para aumentar el valor agregado de la caña, es una de las alternativas que se ha considerado más viable y atractiva a corto plazo.

Objetivo:

Determinar las posibilidades técnico-económicas durante la extracción del jugo de los filtros del central, las mieles finales y las vinazas de la destilería para la producción de levadura Torula.

Materiales y Métodos:

Se realizaron balances de masa y energía en las diferentes etapas del proceso productivo de la levadura torula, y análisis de alternativas de mezclas con diferentes proporciones de jugo de los filtros y miel final para abastecer la destilería y la utilización de miel final en conjunto con vinazas en la producción de levadura torula. Se evaluaron los costos de inversión y producción a partir de índices de costos actualizados y la aplicación de la regla del punto seis.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Lirianet Fuentes, Email: lframirez@uclv.edu.cu



Resultados y Discusión:

Se evidencia que la utilización del jugo de los filtros en combinación con miel final reduce los costos de producción de etanol y garantiza el suministro de sustratos para la producción de levadura torula. Se comprobó que el bagazo sobrante puede emplearse como fuente energética en la destilería.

Conclusiones:

La instalación de una planta de levadura torula en la empresa agroindustrial "Melanio Hernández" resulta técnicamente viable y económicamente factible, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de 9,3 millones de USD, con Tasa Interna de Retorno (TIR) del 9 % y período de recuperación descontado de 7 años.

Palabras clave: bagazo; jugo de los filtros; levadura torula; viabilidad económica; vinazas.

ABSTRACT

Introduction:

The use of sugarcane by-products in animal feed to increase the added value of sugarcane is one of the alternatives that has been considered most viable and attractive in the short term

Objective:

To determine the technical and economic possibilities during the extraction of juice from mill filters, final molasses, and distillery vinasse for the production of Torula yeast.

Materials and Methods:

Mass and energy balances were carried out at different stages of the Torula yeast production process, as well as analyses of alternative mixtures with different proportions of filter juice and final molasses to supply the distillery, and the use of final molasses in conjunction with vinasse for Torula yeast production. Investment and production costs were also evaluated using updated cost indices and the application of the six-tenths rule.

Results and Discussion:

It is evident that the use of filter juice in combination with final molasses reduces ethanol production costs and ensures the supply of substrates for Torula yeast production. It was also verified that surplus bagasse can be used as an energy source in the distillery.

Conclusions:

The installation of a Torula yeast plant at the agroindustrial company *Melanio Hernández* is technically viable and economically feasible, yielding a Net Present Value (NPV) of 9.3 million USD, with an Internal Rate of Return (IRR) of 9% and a discounted payback period of 7 years.

Keywords: bagasse; filter juice; Torula yeast; economic feasibility; vinasses.

1. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera constituye una de las principales actividades agroindustriales del mundo, con implicaciones económicas, sociales y energéticas significativas. La caña de azúcar es una importante fuente alternativa de energía y debido a las grandes posibilidades de la producción de derivados de la industria azucarera constituye una materia prima clave en la agroindustria, especialmente en países tropicales como Cuba (Ruano et al., 2022), debido a su alto contenido de sacarosa y a la posibilidad de obtener múltiples productos derivados de su procesamiento (Cortés et al., 2021). Junto con la recuperación de la industria de crudos y refinados, es inminente la necesidad de acelerar, aún en las limitadas condiciones actuales, el desarrollo diversificado de esta industria y en el concepto de biorrefinería (de Armas et al., 2021).

En países en desarrollo, las tecnologías adoptadas han migrado progresivamente desde ingenios mono-productivos hacia sistemas integrados de cogeneración, producción de etanol, y recuperación de proteínas microbianas, como la levadura *Torula* (*Candida utilis*), obtenida a partir de vinazas, mieles finales y jugos residuales de los filtros. Esta estrategia, ya implementada en Cuba, se alinea con los enfoques modernos de sostenibilidad industrial aplicados globalmente (Santos, 1999).

El proceso de obtención de azúcar genera varios subproductos de valor industrial. El bagazo, fibroso y con alto contenido energético, es utilizado como combustible en las calderas de la planta, contribuyendo al autoabastecimiento energético. La cachaza, rica en materia orgánica y nutrientes minerales, puede ser empleada como fertilizante en la agricultura. Las mieles finales, no aptas para cristalización, se destinan a la producción de etanol o levadura *Torula*. Una corriente oportuna para estas alternativas es el jugo de los filtros (JF), debido a su baja retención tiene aproximadamente un 5 % de sólidos insolubles, lo que obliga a recircularlos en cantidades de 10 a 20 % con el jugo mezclado en el proceso de fabricación del azúcar (Águila et al., 2022), (de Armas et al., 2020).

La levadura *Torula*, científicamente conocida como *Candida utilis*, es una levadura unicelular que se cultiva industrialmente para la producción de proteína unicelular destinada a la alimentación animal. En Cuba, su producción ha sido una estrategia clave para aprovechar subproductos de la industria azucarera, como la vinaza y la miel final, y así generar un alimento proteico de alto valor nutricional. Ante la necesidad actual de hacer rentables las producciones cubanas, entre ellas la de levadura *Torula*, es imprescindible ir a la búsqueda de sustratos que aporten azúcares más baratos que la miel final de caña, cuyos precios se mantienen relativamente altos en el mercado mundial (León et al., 2022).

En principio, todos los residuos ricos en carbono son factibles de ser empleados en la producción de levadura *Torula*. La agroindustria de la caña de azúcar y sus derivados cuenta con las mieles finales, subproducto del proceso de producción de azúcar y con las vinazas, residual obtenido de la destilación del etanol, como sus principales sustratos.

Las principales materias primas utilizadas en la producción de levadura *Torula* en Cuba incluyen mieles finales de caña: subproducto de la cristalización del azúcar, vinazas de destilerías: residuo líquido resultante de la destilación del etanol, sales nutrientes como fuentes de nitrógeno, fósforo y otros minerales esenciales, así como inóculo de *Candida*

utilis: cepas seleccionadas para la fermentación. Este estudio evalúa alternativas de extracción del jugo de los filtros para la producción de levadura torula, analizando balances de masa, energía e indicadores económicos.

El presente artículo tiene como objetivo determinar las posibilidades técnico-económicas durante la extracción del jugo de los filtros del central, las mieles finales y las vinazas de la destilería para la producción de levadura Torula.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de producción de levadura forrajera a partir de mieles finales de caña de azúcar y/o vinazas de destilería se caracteriza por ser un proceso continuo en el cual las mieles y/o vinazas aportan la fuente de energía. Se lleva a cabo mediante seis unidades básicas: recepción y preparación de materias primas, preparación de sales nutrientes, fermentación y desemulsión, separación y lavado de la crema de levadura, termólisis y concentración, y secado y envase.

Como paso previo al diseño y dimensionamiento de los equipos necesarios para la producción de levadura torula, se desarrolló un estudio integral de los balances de masa y energía a lo largo de todo el proceso. Este análisis permitió establecer las entradas, salidas, consumos, transformaciones y acumulaciones en cada una de las etapas tecnológicas, desde la preparación de las materias primas hasta la obtención final de la biomasa seca.

A partir de estos balances, fue posible determinar las cargas de operación a las que estarán sometidos los equipos principales, tales como fermentadores, centrífugas, termolizadores, evaporadores y secadores. Este enfoque no solo sustenta la selección técnica del equipamiento, sino que también constituye la base para evaluar la viabilidad energética y económica de la planta.

A continuación, se presentan los valores estimados para cada etapa del proceso, los cuales permiten fundamentar con criterio técnico la selección y dimensionamiento de los equipos industriales requeridos.

2.1 Balances de masa

2.1.1. Balance de masa en la etapa de preparación de las materias primas

$$\text{Balance total: } M_d = M_{fd} + V + A \quad (t/h) \quad (1)$$

$$\text{Balance parcial: } M_d * {}^\circ Bx_{md} = M_{fd} * {}^\circ Bx_{mfp} + V * {}^\circ Bx_v \quad (t/h) \quad (2)$$

2.1.2. Balance de masa en la etapa de preparación de los nutrientes

La dilución de las sales nutrientes se realiza en tanques por separado.

Balance total

$$\text{con } (NH_4)_2SO_4_{ent} + A = \text{conc } (NH_4)_2SO_4_{sal} \quad (3)$$

$$\text{con } (NH_4)_2HPO_4_{ent} + A = \text{conc } (NH_4)_2HPO_4_{sal} \quad (4)$$

$$\text{conc urea}_{ent} + A = \text{conc urea}_{sal} \quad (5)$$

2.1.3. Balance de masa en la etapa de fermentación

$$F_{al} = F_{md} + F_{ant} + F_{sa} + F_{fa} + F_u \quad (t/h) \quad (6)$$

2.1.4. Balance de masa en la etapa de primera separación

$$\text{Balance total: } F_s = C_1 + E_1 \text{ (t/h)} \quad (7)$$

$$\text{Balance parcial: } F_s * X_s = C_1 * X_1 + E_1 * X_{e1} \quad (8)$$

2.1.5. Pérdidas de levadura en el efluente de la primera separación

$$P_1 = E_1 + X_{e1} \text{ (t/h)} \quad (9)$$

En el lavado la crema obtenida de la primera separación es incrementada con agua, por tanto:

$$\text{Balance total: } C_l = C_1 + A_l \text{ (t/h)} \quad (10)$$

$$\text{Balance parcial: } C_l * X_l = C_1 * X_1 \text{ (t/h)} \quad (11)$$

2.1.6. Balance de masa en la etapa de segunda separación

$$\text{Balance total: } C_1 = C_2 + E_2 \text{ (t/h)} \quad (12)$$

$$\text{Balance parcial: } C_1 * X_{c1} = C_2 * X_2 + E_2 * X_{e2} \text{ (t/h)} \quad (13)$$

2.1.7. Pérdidas de levadura en el efluente de la segunda separación

$$P_2 = E_2 + X_{e2} \text{ (t/h)} \quad (14)$$

2.1.8. Balance de masa en la etapa de concentración

$$\text{Balance total: } C_2 = C_e + A_e \text{ (t/h)} \quad (15)$$

$$\text{Balance parcial: } C_2 * X_2 = C_e * X_e \text{ (t/h)} \quad (16)$$

2.1.9. Balance de masa en la etapa de secado

$$\text{Balance total: } C_e = L_s + A_s \text{ (t/h)} \quad (17)$$

$$\text{Balance parcial: } C_e * X_e = L_s * X_{ls} \text{ (t/h)} \quad (18)$$

2.2. Balances de energía

Con el objetivo de garantizar el correcto dimensionamiento de los equipos térmicos implicados en el proceso de producción de levadura torula, se realizó el correspondiente análisis energético para cada etapa clave. Este balance permite estimar las necesidades de calor generado o consumido, así como los requerimientos de combustible y potenciales fuentes de recuperación de energía interna (Prieto et al., 2023).

2.3. Análisis económico

2.3.1. Costo del equipamiento

Los costos de los equipos, ya diseñados, se obtienen de Peters & Timmerhaus, (1991) y deben actualizarse usando los índices de costos correspondientes:

$$\text{Costo actual} = \text{Costo original} * \frac{\text{índice actual}}{\text{índice original}} \quad (19)$$

Para el caso que se estudia se considera que el índice de costo original fue de 356 (Peters & Timmerhaus, 1999). En el año 2014 fue 576,1 y en el 2025 fue 800.

Para determinar el costo del equipamiento para la tecnología de extracción de jugo de los filtros se utiliza información disponible de los datos contables de la Empresa Azucarera Agroindustrial "Heriberto Duquesne", ya que dicha empresa cuenta con la

instalación de 10 m³/h, lo que es equivalente a 1590 t/día de jugo de los filtros extraídos, de esta manera se aplicó la regla de “punto seis” para estandarizar los costos a la capacidad de la planta en estudio. Los costos de inversión se determinaron a partir de los procedimientos y tablas propuestas en la literatura científica, Peters & Timmerhaus, (1999).

2.3.2. Costos de producción

Los costos de producción o gastos económicos de la planta, están constituidos por los gastos de materia prima, mano de obra, requerimientos, mantenimientos y otros, según la metodología expuesta por Peters & Timmerhaus, (1999).

Para el estudio de alternativa se consideraron los valores de las diferentes producciones en cada una de ellas y los costos de producción para cada alternativa acorde con los valores inversionistas requeridos, lo que afecta los costos de producción, y permitió hacer el análisis de los indicadores dinámicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de los balances de masa y energía

Con el análisis de los balances de masa y energía se instalará una planta de levadura *Torula* con una capacidad de producir 5,27 t/d de levadura seca.

Con el correspondiente análisis energético para cada etapa clave permitió estimar las necesidades de calor generado o consumido, así como los requerimientos de combustible donde las principales etapas consumidoras de energía son la fermentación, la evaporación y el secado.

3.2 Integración del complejo azucarero

Para la integración del complejo azucarero con la destilería y la planta de levadura *torula* se estudiaron varias alternativas. Primeramente, se determinó, a partir de los balances de materiales, que la miel que produce el central "Melanio Hernández" es insuficiente para abastecer la destilería aledaña al central, con una capacidad instalada de producción de 650 hL/día de etanol, en el año y, por consiguiente, tampoco la miel necesaria para la planta de levadura *torula*.

Por lo cual es necesario la adquisición de esta materia prima con la compra a otras entidades trayendo consigo un mayor costo la producción de etanol. De aquí se deriva que para producir levadura *torula* habrá que realizar la compra de miel y utilización de las vinazas de la destilería.

Como alternativas se tomaron las siguientes:

- Utilizar el jugo de los filtros en la producción de etanol mezclándolo con miel final.
 - Utilizar para la producción de levadura *torula* como materias principales miel y vinazas de la destilería, haciendo uso del bagazo sobrante del central como fuente energética.
-

A continuación, en la tabla 1 se muestran los resultados para las variantes analizadas a utilizar en la destilería. Lo cual favorece la disponibilidad de miel final para su uso como materia prima en la planta de levadura torula.

Tabla 1. Costos de miel diluida con jugo de los filtros para destilería

<i>Variantes</i>	<i>Costos de materia prima (\$/a)</i>
Variante 1 30 % Miel / 70 % JF	13271918,10
Variante 2 50 % Miel / 50 % JF	16509931,50
Variante 3 70 % Miel / 30 % JF	19747944,90

La tabla 1 muestra cómo disminuye el costo de la materia prima para la destilería haciendo uso del jugo de los filtros en mayor proporción que la miel. Por lo cual es una opción factible para la destilería (haciendo más competitiva esta operación).

Como se muestra en la tabla 2 existe un incremento de la miel que se requiere comprar por la destilería a medida que aumenta el porciento de extracción del jugo de los filtros.

Tabla 2. Miel que se requiere comprar para cada extracción de jugo de los filtros en condiciones actuales

<i>% Extracción JF</i>	<i>Producción de miel (t/año)</i>	<i>Miel requerida por la destilería (t/año)</i>	<i>Miel a comprar (t/año)</i>
0	17940	54130,923	36190,923
10	17814,42	54130,923	36316,503
20	17688,84	54130,923	36442,083
30	17563,26	54130,923	36567,663
40	17437,68	54130,923	36693,243
50	17312,1	54130,923	36818,823
60	17186,52	54130,923	36944,403
70	17060,94	54130,923	37069,983
80	16935,36	54130,923	37195,563
90	16809,78	54130,923	37321,143
100	16684,2	54130,923	37446,723

La figura 1 muestra cómo la alternativa estudiada de hacer uso de miel en menor proporción que el jugo de los filtros, como materias primas para la destilería y la producción de levadura torula, requieren menor miel a comprar que las condiciones actuales. Mostrándose que es factible esta nueva propuesta.

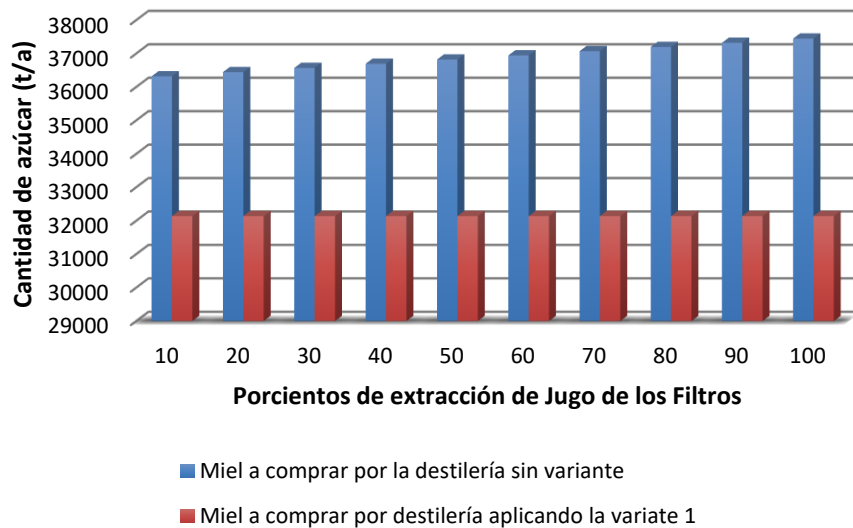


Figura 1. Relación entre la miel a comprar actualmente y la miel que se requiere comprar con la nueva alternativa y la producción de levadura torula

Con los balances de masa y energía se determinó que sobra bagazo de la producción de azúcar. A partir de los datos de la tabla 3, se evidencia que haciendo uso de este bagazo como fuente de energía para llevar a cabo la producción de levadura Torula se obtendrá un bagazo sobrante después de su utilización. Este se puede destinar como fuente de energía hacia la destilería para sustituir el uso del combustible, disminuyendo el costo de estas producciones y aumentando el ahorro energético.

Tabla 3. Bagazo sobrante final según la extracción del jugo de los filtros y su consumo en la planta de levadura Torula.

<i>% Extracción JF</i>	<i>Bagazo final producido (t/año)</i>	<i>Bagazo final requerido en la planta de levadura torula (t/año)</i>	<i>Bagazo sobrante (t/año)</i>
0	27060,27	10977,12	16083,15
10	27556,95	10977,12	16579,83
20	28053,63	10977,12	17076,51
30	28550,31	10977,12	17573,19
40	29046,99	10977,12	18069,87
50	29543,67	10977,12	18566,55
60	30040,35	10977,12	19063,23
70	30537,03	10977,12	19559,91
80	31033,71	10977,12	20056,59
90	31530,39	10977,12	20553,27
100	32027,07	10977,12	21049,95

3.3. Análisis de ganancias a obtener teniendo en cuenta las diferentes alternativas y la incorporación de la planta de levadura *Torula*.

En la tabla 4 se muestran las ganancias finales del complejo azucarero de acuerdo a las producciones del mismo con la incorporación de la levadura torula.

Tabla 4. Ganancias finales de acuerdo a las producciones

% Extracción JF	Valor de producciones (\$/t)	Costo de producción (\$/t)	Ganancia (\$/t)
0	97180180,89	42375786,07	54804394,82
10	97218085,85	42013675,65	55204410,19
20	97255990,79	41626351,59	55629639,19
30	97286095,74	41220335,68	56065760,06
40	97331800,68	40844228,85	56487571,83
50	97369705,63	40453009,16	56916696,47
60	97407610,57	40062569,89	57345040,68
70	97445515,52	39673240,47	57772275,06
80	97483420,46	39285239,31	58198181,15
90	97521325,41	38898720,4	58622605,01
100	97559230,35	38513797,29	59045433,06

Se puede observar en la tabla 4 que las ganancias por la producción de levadura torula son significativas en relación a las pérdidas de azúcar crudo y miel final existentes, al extraer las diferentes cantidades de jugo de los filtros, las cuales son pequeñas por lo que daría resultado la extracción, así como la aplicación de la nueva alternativa de aplicación en la destilería haciendo uso de una proporción mayor de jugo de los filtros que miel para la producción de etanol.

3.4. Indicadores de rentabilidad

Una evaluación de la factibilidad de la inversión se realiza sobre la base del cálculo de los indicadores dinámicos, el VAN (Valor Actual Neto), la TIR (Tasa de Rendimiento Interna) y el PRD (Plazo de recuperación al descontado), (ecuación 20).

$$\text{Valor Actual Neto} = \sum_{k=1}^n \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+i)^k} - \text{Inversión total} \quad (20)$$

A partir de esta ecuación, además de obtener el VAN, se determina la TIR y el PRD. Los resultados (tabla 5) se determinaron con la ayuda del Microsoft Excel, donde se evalúan los indicadores económicos antes mencionados.

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad

Indicador	Valor
Valor Actual Neto (VAN)	9 302 633,23 USD
Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	9 %
Plazo de Recuperación al Descontado (PRD)	7 años

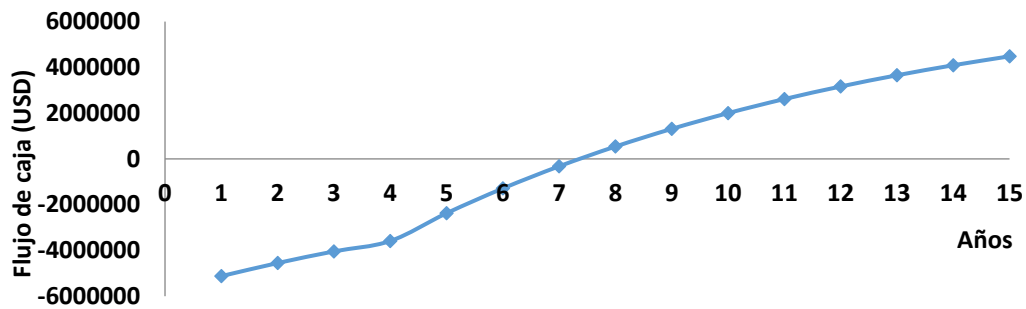


Figura 2. Perfil del VAN

4. CONCLUSIONES

1. La extracción del jugo de los filtros es una alternativa para el encadenamiento productivo del complejo azucarero donde se logra un ahorro energético y una nueva corriente que puede dar lugar a nuevas producciones.
2. La instalación de una planta para la producción de levadura torula permite transformar materias primas, como la miel final y las vinazas de la destilería, en una biomasa rica en proteínas, aportando un producto de valor agregado.
3. Utilizando las vinazas de destilería, la planta de levadura Torula va a producir 5,27 t/d de levadura seca. Las mayores demandas energéticas se concentran en la etapa de fermentación, concentración y secado.
4. La utilización de miel y jugo de los filtros, en una mayor proporción del jugo de los filtros, para la producción de etanol disminuye significativamente los costos de adquisición de la miel que necesita comprar la destilería.
5. Con la extracción de jugo de los filtros se obtiene un bagazo sobrante que sirve como fuente energética para satisfacer los requerimientos energéticos de la planta de levadura torula y parte del necesario en destilería.
6. Desde el punto de vista económico es factible la obtención de levadura torula a partir de mezclas de miel y vinazas de destilería, obteniéndose un VAN 9 302 633,23 USD, una TIR del 9 % y un periodo de recuperación de 7 años.

REFERENCIAS

- Águila, L. E., González, E., & Albernas, Y. (2022). Determinación de las capacidades óptimas de producción de xilitol extrayendo jugo de los filtros en un central azucarero. *Centro Azúcar*, 49(2), 85-99. https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/704
- Cortés, M., de Armas, A. C., Alomá, I., & Morales, M. (2021). Impacto de la extracción del jugo de los filtros en la sostenibilidad de un complejo azucarero industrial. *Centro Azúcar*, 48(1), 59-70. https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/642
- de Armas, A. C., González, E., Kafarov, V. V., Zumalacarregui, L., Oquendo, H., & Ramos, F. (2021). Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 565-573.
-

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2267>

de Armas, A. (2020). Posibilidades de utilización del jugo de los filtros en una fábrica de azúcar con destilería. *El Directivo al Día*, 20(2), 27-36. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:153913692?sid=ebsco:plink:crawler&iid=ebsco:gcd:153913692>

León, E. A., Ruano, M. M., Albernas, Y., & González, E. (2022). Evaluación de la extracción de jugo de los filtros para producir levadura torula en una fábrica de azúcar. *Centro Azúcar*, 49(4), 12-23 https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/722

Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1999). *Plant design and economics for chemical engineers*. United States. McGraw-Hill International.

Prieto, A., Santos, R., Pérez, Y., Albernas, Y., & González, E. (2023). Producción de crema de levadura torula con extracción de jugo de los filtros en fábrica azucarera con refinería. *Centro Azúcar*, 50(4), e1041. https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/773

Ruano, M. M., González, E., León, E. A., de la Cruz, L., & Albernas, Y. (2022). Efecto del pago de la caña en la calidad del azúcar y en la eficiencia inversionista de torula. *Centro Azúcar*, 49(3), 11-23. https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/710

Santos, R. (1999). *Estrategia para el análisis de alternativas de reactivación de las plantas de torula*. [Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas].

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Ing. Lirianet Fuentes Ramírez. Investigación, conservación de datos, redacción - primera redacción, visualización.
 - Ing. Christian Manuel Mutis Silveira. Investigación, conservación de datos, redacción - revisión y edición.
 - Dr.C. Isabel Cabrera Estrada. Supervisión.
 - Dr.C. Mariano F. Cortés Falcón. Análisis formal, investigación.
-