

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA REDUCIR EL COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA LEVADURA TORULA

ECONOMIC FEASIBILITY OF INVESMENT ALTERNATIVES FOR REDUCING TORULA YEAST' PRODUCTION COST

Alfredo Torres Fernández^{1}, Manuel Díaz de los Ríos² y Gustavo Saura Laria²*

¹*Oficina de la Zona Especial de Desarrollo de Mariel, Desamparados 166 entre Habana y Compostela, Habana Vieja, La Habana.*

²*Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca 804 Esq. Carretera Central. San Miguel del Padrón, La Habana.*

Recibido: Octubre 14, 2015; Revisado: Noviembre 2, 2015; Aceptado: Noviembre 17, 2015

RESUMEN

Considerando los elevados costos de adquisición que tienen las sales de amonio, empleadas en la tecnología de producción de levadura torula; así como, los elevados costos energéticos asociados al consumo en; sopladores para la fermentación, en máquinas separadoras y en la concentración y secado de la levadura. En el trabajo se analizan diferentes alternativas tecnológicas encaminadas a reducir los costos de producción de la levadura torula, mediante cambios; en los insumos de producción, motores eléctricos y sustitución de una porción del combustible empleado en el secado, por una fuente de energía renovable. Luego, se evalúa la factibilidad técnico-económica, en ambas monedas, de cada una de ellas para su aplicación práctica.

Palabras clave: levadura torula, costo de producción, factibilidad económica.

ABSTRACT

The prices of ammonium salts which are used in the torula yeast production technology are very high nowadays. In the other hand, this technology has very high energy costs which are consumed by blowers in fermentation, separators machines and in the concentration and drying of yeast. In this paper, different technical alternatives are analyzed for reducing the production cost of torula yeast, through changes in production inputs, electric motors and the replacement of a portion of the fuel used for drying by biogas. Then, the economic feasibility in both currencies is evaluated for practical application.

Key words: torula yeast, production cost, economic feasibility.

1. INTRODUCCIÓN

Según (Boardman, 2006; Mishan y Quah, 2007) los factores a considerar para disminuir el costo de producción son: La elevación del nivel técnico de la producción mediante la modernización de la tecnología, la utilización de materias primas y materiales de mayores rendimientos y más baratas, así como la mejor utilización de los equipos tecnológicos y el perfeccionamiento de la organización de la producción, a través de medidas tendientes a reducir el ciclo de producción, a la utilización plena de la capacidad de producción y a la eliminación de interrupciones técnico organizativas.

La producción de levadura torula, o levadura forrajera, como también se conoce en Cuba, constituye una tecnología de fermentación aeróbica precedida por etapas de separación centrífuga, concentración y secado. Según (ICIDCA, 2000) dicha tecnología, originaria de los años setenta, emplea mieles de caña de azúcar o vinaza como fuente de carbono, así como sulfato de amonio y fosfato de amonio como fuentes de nitrógeno y fósforo respectivamente; estas últimas materias de importación con elevados precios en el mercado internacional. Por otro lado, dicho proceso posee elevados costos energéticos, dados por dos razones fundamentales: Alto consumo de energía eléctrica debido, fundamentalmente, al consumo en sopladores para la fermentación y en máquinas separadoras y el consumo energético de la concentración y secado de la levadura.

Los costos actuales de producción de la levadura torula seca a partir de vinazas, envasada en sacos de papel de 25 kg, según González (2014) son:

- En moneda total: 1 057,80 CUP.
- En divisa: 749,36 CUC.

En el presente trabajo se evalúan y sugieren alternativas técnicas dirigidas a disminuir estos impactos en los costos de producción. Tomando en cuenta los principios antes expuestos, se analizan cuatro alternativas, que plantean:

1. Cambios en los insumos de producción.
2. Cambios en motores eléctricos.
3. Sustitución un cierto nivel del combustible por energía renovable.
4. Suma de los tres efectos anteriores.

Evaluándose para cada variante; primeramente, la reducción de los costos de producción y posteriormente, los indicadores económicos de rentabilidad de la inversión, con vistas

a obtener aquella variante que presente los mejores indicadores económicos de rentabilidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La medición del impacto económico sobre los costos de producción, se logra a través de la re- evaluación de la ficha de costo de producción actual de la levadura torula, a partir de los cambios propuestos para cada una de las diferentes alternativas tecnológicas, según Pérez (2014). De forma resumida, consisten en:

- **Alternativa A:** Sustitución del sulfato de amonio por urea.
- **Alternativa B:** Cambio de motores y equipos consumidores.
- **Alternativa C:** Sustitución del 60 % del combustible por energía renovable (posibilidad de generación de biogás). Este biogás puede ser obtenido al tratar los residuales del proceso de producción de levadura torula con digestores anaeróbicos. Con la intención de obtener metano, para generar electricidad a partir del mismo.
- **Alternativa D:** Sustitución del sulfato de amonio por urea, cambio de motores y equipos consumidores y sustitución del 60 % del combustible por energía renovable (posibilidad de generación de biogás)

Los valores de los indicadores económicos de rentabilidad de la inversión para cada alternativa, se obtienen considerando un flujo de caja constante, generado a partir de la reducción de los costos de producción, y una estimación del presupuesto asociado a cada alternativa. Originalmente, las plantas de producción de levadura torula tenían una capacidad de diseño de 40 t/d. En la actualidad, existen solamente tres plantas operando con una capacidad de producción total de 4 Mt/a. Dado el nivel de deterioro y obsolescencia tecnológica que poseen, se asume un nivel de producción de 1 500 t/a que representa menos del 50% del aprovechamiento de la capacidad potencial que tienen las plantas actualmente. La estimación de los presupuestos de inversión se realiza a partir de la información de Pérez (2014).

El método de cálculo propuesto, según (Belli et al., 2001; Hawranek y Behrens, 1994) tiene su fundamento en el ajuste del valor del dinero en el tiempo a partir de un factor de descuento pre-establecido, en este caso del 12%. Los indicadores de rentabilidad calculados son: Valor Actualizado Neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión. En todos los casos, los análisis se realizan en ambas monedas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Sustitución de sulfato de amonio por Urea (Alternativa A)

Estudios a nivel de fermentadores de 2,5 L en planta piloto evidencian que cuando se emplea sulfato de amonio como fuente de nitrógeno la ganancia neta de biomasa es de 10,4 g/L, mientras que al sustituir al 100 la fuente de nitrógeno por urea esta alcanza valores de 9,9 g/L; resultados en rendimientos semejantes. Sin embargo, el empleo de urea como nutriente propicia una tendencia a la elevación del pH del medio fermentativo, lo que incide en la elevación del consumo de ácido sulfúrico en 1,4 veces, Moré (2015).

El impacto económico de la alternativa A se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Reducción del costo de la alternativa A

<i>Conceptos</i>	<i>Costo Base</i>		<i>Alternativa A</i>	
	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
Costos variables unitarios (\$/t)	930,85	745,16	702,51	621,26
Costos Fijos totales (\$/t)	126,95	4,2	126,95	4,2
Costo total Unitario (\$/t)	1057,8	749,36	829,46	625,46

Nota: Elaboración Propia

Esta sustitución de la fuente de nitrógeno propicia una reducción del costo unitario en un 21% y 17% para las evaluaciones en CUP y CUC respectivamente, a pesar del incremento en el consumo de ácido sulfúrico.

3.2 Cambio de motores y equipos consumidores (Alternativa B)

Desde el punto de vista energético las tecnologías vinculadas con el desarrollo de motores eléctricos han evolucionado de forma que los mismos no solo son más compactos y de menor peso para idénticos propósitos, sino que sus consumos energéticos son inferiores. En las tablas 2A y 2B se evidencia que mediante la sustitución de equipos existentes por otros más modernos de igual capacidad o mediante el empleo de un menor número de unidades de mayor capacidad es posible reducir el consumo de electricidad en máquinas centrífugas y sopladores hasta en un 30%.

Tabla 2A. Potencia eléctrica instalada en los equipos existentes

<i>Equipos de alto consumo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Potencia (kW)</i>	<i>Índice</i>
Sopladores de fermentadores	3	1100 m ³	350	0,32 kWh/m ³
Centrifugas	7	60 m ³ /h	aprox. 175	2,9 kWh/m ³
Soplador de secador	1	40 t lev./d	100	60 kWh/t de lev.

Nota: Elaboración Propia

Tabla 2B. Potencia eléctrica instalada en los equipos nuevos

<i>Equipos de alto consumo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Potencia (kW)</i>	<i>Índice</i>
Sopladores de fermentadores	1	1 100 m ³	160	0,18 kWh/m ³
Centrifugas	2	120 m ³ /h	184	1,9 kWh/m ³
Soplador de secador	1	100 t lev/d	120	36 kWh/t de lev

Nota: Elaboración Propia.

La valoración del impacto económico de la alternativa B es el siguiente:

Tabla 3. Reducción del costo de la alternativa B

<i>Conceptos</i>	<i>Costo Base</i>		<i>Alternativa B</i>	
	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
Costos variables unitarios (\$/t)	930,85	745,16	909,88	728,49
Costos Fijos totales (\$/t)	126,95	4,2	126,95	4,2
Costo total Unitario (\$/t)	1057,8	749,36	1036,83	732,7

Nota: Elaboración propia

En esta variante la reducción de los costos unitarios en CUP y CUC son de un 2% y 2,2 %, respectivamente.

3.3 Sustitución del 60 % del combustible por energía renovable (posibilidad de generación de biogás) (Alternativa C).

El volumen de residual generado por las plantas de levadura torula está en el entorno de los 110-130 m³/t de levadura, el cual aun posee una DQO de 15 kg/m³, capaz de generar unos 10 200 m³/d de biogás aproximadamente si se suplementa con un 16% de la vinaza disponible. Ello es necesario para potenciar la generación de biogás, ya que el residual de levadura, según ensayos metanogénicos recientes, solo permitiría convertir el 30% de su materia orgánica, pues la mayor parte de la materia biodegradable alimentada al proceso ha sido transformada en levadura. Este volumen de biogás podrá satisfacer el 60% de la demanda de energía requerida para el secado de la levadura. Un balance como este es factible en un complejo etanol-levadura como el existente en Antonio Guiteras, de la provincia las Tunas. En este caso, solo se requiere consumir el 40% del Fuel Oil y los costos se reducirían a los valores reportados en la tabla 4.

El impacto económico de la alternativa C es:

Tabla 4. Reducción del costo de la alternativa C

<i>Conceptos</i>	<i>Costo Base</i>		<i>Alternativa C</i>	
	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
Costos variables unitarios (\$/t)	930,85	745,16	839,9	654,21
Costos Fijos totales (\$/t)	126,95	4,2	126,95	4,2
Costo total Unitario (\$/t)	1057,8	749,36	966,86	658,42

Nota: Elaboración propia

En esta variante la reducción de los costos unitarios en CUP y CUC son de un 8,6% y 12,1%, respectivamente.

3.4 Sustitución del sulfato de amonio por urea, cambio de motores y equipos consumidores y sustitución del 60 % del combustible por energía renovable (generación de biogás) (Alternativa D).

El efecto conjugado de las tres alternativas (Alternativa D) se ilustra en la tabla 5.

Tabla 5. Reducción del costo de la alternativa D

<i>Conceptos</i>	<i>Costo Base</i>		<i>Alternativa D</i>	
	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
Costos variables unitarios (\$/t)	930,85	745,16	590,6	513,65
Costos Fijos totales (\$/t)	126,95	4,2	126,95	4,2
Costo total Unitario (\$/t)	1057,8	749,36	717,55	517,86

Nota: Elaboración propia

Las tablas 1, 3, 4 y 5, que contienen los resultados del impacto económico que producen la aplicación de las diferentes alternativas, reflejan una reducción apreciable de los costos totales unitarios de producción de la levadura torula a partir de vinazas en ambas monedas. Este impacto es más significativo con el empleo de la alternativa A, con una reducción del costo total unitario de 17% en divisas o D con una reducción del costo total unitario de 31% respectivamente; estos valores se obtienen del análisis de las tablas 1, 3, 4 y 5. Luego, a partir de los resultados obtenidos que aparecen en las tablas 1, 3, 4 y 5 se puede inferir que los factores que más impactan en los costos de producción son; en primer lugar, los costos de los insumos de producción (las sales de amonio que se emplean); en segundo lugar, los costos energéticos, para lo cual se propone la utilización de un fuente de energía renovable y en tercer lugar, la modernización del equipamiento que tienen las plantas actualmente.

La estimación de los presupuestos de inversión para cada alternativa, arroja los siguientes resultados:

- Alternativa A: En moneda total es 33 385,81 CUP y en divisas 21 570,70 CUC.
- Alternativa B: En moneda total es 715 869,00 CUP y en divisas 462 525,75 CUC.
- Alternativa C: En moneda total es 1 959 359,37 CUP y en divisas 785 349,22 CUC.
- Alternativa D: En moneda total es 2908614,17 CUP y en divisas 1 339 445,67 CUC.

En las tablas 6 y 7 aparecen los indicadores de rentabilidad en ambas monedas.

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad en CUC

<i>Alternativa</i>	<i>Elemento</i>	<i>CUC/t</i>	<i>Periodo de Recuperación (años)</i>	<i>TIR (%)</i>	<i>VAN (MCUC)</i>
Costo Actual		749,36			
<i>A</i>		625,46	0,12	861,39	864,90
<i>B</i>	Costo	732,70	18,51	-12,34	-294,08
<i>C</i>	Proyectado	658,42	5,76	10,01	-52,25
<i>D</i>		517,85	3,86	21,40	456,06

Nota: Elaboración propia

Tabla 7. Indicadores de Rentabilidad en CUP

<i>Alternativa</i>	<i>Elemento</i>	<i>CUP/t</i>	<i>Periodo de Recuperación (años)</i>	<i>TIR (%)</i>	<i>VAN (MCUP)</i>
Costo Actual		1 057,80			
<i>A</i>		829,46	0,10	1.025,92	1 599,64
<i>B</i>	Costo	1 036,00	22,76	-15,40	- 489,53
<i>C</i>	Proyectado	966,86	14,36	-8,45	-1 100,48
<i>D</i>		717,55	5,70	10,26	-168,94

Nota: Elaboración propia

De la tabla 6 se puede inferir que la alternativa D es la única que es factible económicamente en divisas, para un factor de descuento del 12%. En la tabla 7 se aprecia que ninguna variante es factible económicamente en moneda total, para el factor de descuento considerado. En ambos análisis no se considera la alternativa A, por el bajo nivel de inversión que se emplea.

4. CONCLUSIONES

- Todas las alternativas tienen un impacto positivo en la reducción del costo de producción en ambas monedas. La reducción del costo en divisas tiene un rango del 2,22 al 30,89%, siendo la alternativa D la más efectiva con un 30,89%. En el caso de moneda total, el rango es del 2,06 al 32,17%, siendo la alternativa D la más efectiva con el 32,17%.
- La alternativa D, que representa la conjugación simultánea de las alternativas A, B y C, es la única que es factible económicamente en divisas, mientras que ninguna alternativa, por separado, es factible económicamente en moneda total. Todo esto sin considerar la alternativa A, por no ser representativa.

REFERENCIAS

Belli, P., Anderson, J. R., Barnum, H. N., Dixon, J. A., Tang, J. P., Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications., WBI, World Bank, Washington D.C, Chapter 4, 2001, pp. 27-29.

- Boardman, A.E., Cost-Benefit Analysis: concept and practice., 3rd edition; Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Chapter 13, 2006, pp. 348-350.
- Hawranek, P.M., Behrens, W., Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial., Edición corregida y aumentada, ONUDI, Viena, 1994, pp. 255-316.
- González, C., Informe sobre el estado actual de las plantas de levaduras en Cuba., Consejo Técnico Asesor, AZCUBA, La Habana, 2014, pp. 2-10.
- ICIDCA, Handbook of Sugar Cane Derivatives., Third Edition, Part 4, 2000, pp. 231-234.
- Mishan, E.J., Quah, E., Cost Benefit Analysis., 5th edition, Routledge, New York, Chapter 5, 2007, pp. 119-171.
- Moré, N., Impacto del uso de la urea en la producción de levadura *Torula* a partir de vinazas de destilerías., Trabajo de Diploma, ISPJAE, Facultad de Ingeniería Química, La Habana, 2015.
- Pérez, I., Informe Parcial del Proyecto 613., Dirección de Derivados, ICIDCA, La Habana, 2014, pp. 10-20.