

REVISTA Universidad EAFIT
Vol. 45. No. 153. 2009. pp. 62-69

Estudio de diferentes capacidades productivas de ácido cítrico en la Región Central de Cuba



Lisbet López González

Ingeniera Química. Master en Análisis de Procesos. Investigadora del Centro de estudios de Energía y Procesos Industriales. Centro Universitario José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba.
lisbet@suss.co.cu

Raquel de la Cruz Soriano

Ingeniera Química. Master en Análisis de Procesos de la industria Química. Doctora en Ciencia Técnicas. Investigadora del Centro de estudios de Energía y Procesos Industriales. Centro Universitario José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba.
raquelbibliocuss@suss.co.cu

Recepción: 08 de julio de 2008 | Aceptación: 05 de noviembre de 2008

Resumen

El presente trabajo surge como respuesta a la diversificación de la industria azucarera en Cuba. Se toma como alternativa el estudio de las necesidades y posibilidades de producción de ácido cítrico, específicamente en la región central. Se utilizan como referencia investigaciones precedentes relacionadas con la temática cuyas metodologías y herramientas están disponibles.

Se examinan diferentes proyectos para una planta de ácido cítrico de diferentes capacidades de producción anuales, 5.000, 7.500 y 10.000 T. Los resultados arrojan su factibilidad económica con valores del VAN, TIR y PR atractivos, exceptuando cuando se analiza la propuesta de 5.000 toneladas anuales en condiciones pesimistas.

Palabras Clave

Producción de ácido cítrico
Diferentes capacidades productivas
Análisis económico

Study of different productive capacities of citric acid in the Central Region of Cuba

Abstract

The present work arises as an answer to the diversification of the sugar industry in Cuba. The study of needs and production possibilities of citric acid is taken as an alternative, specifically in the central region. Preceding works related to the thematic, whose methodologies and tools are available, were used. Different projects are studied for a citric acid plant of different annual production capacities. This is, 5.000, 7.500 and 10.000 t. The results are economically feasible with attractive VAN, TIR and PR results, except for the 5.000 t annual proposal in pessimistic conditions.

Key words

Citric acid production
Productive capacities
Economic analysis

Introducción



Ante la desfavorable inestabilidad del mercado internacional del azúcar, la industria azucarera en Cuba ha visto la necesidad de diversificar su producción. Los elevados precios de adquisición oscilan entre 1.200 y 3.000 USD/t. Además, se abren disímiles aplicaciones, con tendencias al incremento, en las industrias alimenticia, farmacéutica, agrícola y de cosméticos, según se reporta en la literatura disponible (Alderete, 1999; López, 2002; Sánchez *et al.*, 2004).

Es preciso señalar que no existen precedentes relacionados con la producción nacional de ácido cítrico y son pocos los autores que han abordado el examen de la temática en Cuba (Blanco y Herryman, 1999). Tal situación constituye una de las razones por las cuales se necesita un estudio más profundo que considere la movilidad en los datos para un análisis de la inversión. Por ejemplo, los aspectos tratados por González *et al.* (2002), quien enfatiza en que el análisis de los métodos de consideración de incertidumbre en el diseño merece profundización, sobre todo en lo referente a los datos específicos, a la disponibilidad de instalación y en cuanto a la incertidumbre financiera.

En consecuencia, hay que tener en cuenta la incertidumbre económica de la inversión con el objetivo de determinar la variabilidad del resultado

final cuando cambian algunos de los parámetros estimados. Los métodos de incorporación del riesgo son insuficientes para agregarlos por sí solos a una evaluación, por lo cual se proponen los métodos de sensibilidad como un complemento de los análisis de riesgos (Lauchy *et al.*, 2003).

Para la realización del presente trabajo se planteó como objetivo determinar la factibilidad económica para diferentes capacidades productivas (5.000 t, 7.500 t y 10.000 t) en la producción de ácido cítrico en la región central de Cuba. Se partió, para ello, de la información obtenida por las autoras en estudios realizados para la macrolocalización de la planta en la provincia de Sancti Spiritus integrada a una Empresa Azucarera.

1. Materiales y métodos

Para el desarrollo del trabajo se utilizó el siguiente procedimiento:

1.1 Se realizó un análisis económico de la inversión para una planta de producción de 5.000 t, 7.500 t y 10.000 t por año de ácido cítrico.

La metodología fue la recomendada por Peter, que aún se mantiene vigente en tanto es aplicada en el Proyecto de Acetal a partir de Bioetanol (Colectivo de autores, 2003).

Para tener elementos económicos sobre la producción de ácido cítrico se utilizó como referencia la propuesta tecnológica de un sitio en Internet de nacionalidad china para una planta de 5.000 t/año (APCTT, 2004), con un índice de inversión de USD 2.179,86 por t AC que se encuentra en el rango obtenido para otras plantas en el mundo (Alberete, 1999; Blanco y Herryman, 2001). En el presente trabajo se toma un índice inferior, igual a USD 1.850,26 por t AC, porque se considera que no todos los costos de servicios se tomarán en cuenta para la puesta en marcha de la planta; tal es el caso de los gastos de proyecto y de investigación.

Para los cálculos se asume lo siguiente:

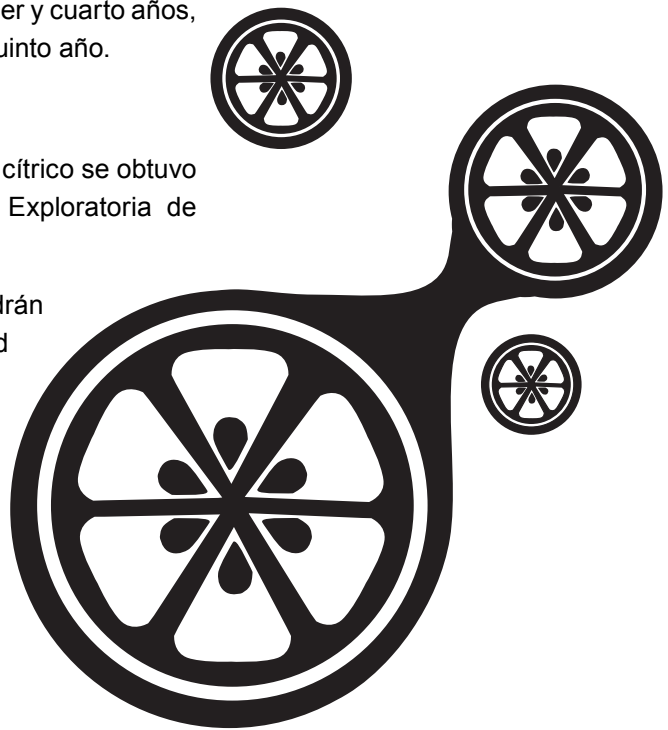
- a. En el primero y segundo año la planta trabajará al 50 % de su capacidad productiva así como al 80 % en el tercer y cuarto años, hasta que alcance la capacidad nominal en el quinto año.
- b. Método de depreciación lineal.
- c. El precio de los insumos para la planta de ácido cítrico se obtuvo por información brindada en la Investigación Exploratoria de Blanco y Herryman (2001).
- d. Para determinar los ingresos que se obtendrán con cada una de las variantes de capacidad productiva se consideró que el precio de venta del ácido cítrico sería de USD 1.900 por tonelada, a partir del rango de los mayores precios de importaciones realizadas por el país y reportado por Blanco y Herryman (2001).

1.2 Se determinaron los indicadores económicos (VAN, TIR, PR) de evaluación de inversiones para cada capacidad.

1.3 Se evaluó la incertidumbre económica en la inversión

Inicialmente se realizó un análisis de escenarios para cada variante de producción.

Se consideró la incertidumbre para las siguientes variables: a) índice de la inversión (Ind. Inv.), b) precio de la miel final (precio de MF) y c) precio del producto ácido cítrico (precio de AC). Se conformó así, entonces, un conjunto de valores pesimistas y optimistas más probables con sus correspondientes probabilidades de ocurrencia.



En segundo lugar, con vistas a predecir y acotar la incertidumbre económica, se efectuó un análisis de sensibilidad para el porcentaje de exportaciones.

Se tuvo en cuenta un precio de venta del ácido cítrico para exportación de 2.300 USD/t. Para la primera variante (5.000 t/año) se exportaría como máximo hasta un 40 %, equivalente a 2.000 t, a fin de cubrir primordialmente las necesidades del país y, presupuestando, además, un posible decrecimiento de los niveles de demanda. En el caso de la segunda variante (7.500 t/año), las

exportaciones oscilarían en un rango de 33 % al 60 %. En el tercer caso (10 000 t/año) la variación se movería entre un 50% y un 70 % de la producción total.

2. Resultados

Los índices de consumo de vapor y energía se tomaron según lo reportado por Johnston Associates, Inc. (1999) y como aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Consumo de energía en la producción de ácido cítrico

Concepto	UM	Valor promedio	Máximo Valor
Agua para el enfriamiento	Gal/min	250	350
Aire comprimido	Pie ³ /min	18.000	24.000
Electricidad	KW	5.000	5.500
Refrigeración	T	150	200
Vapor	Lb/hora	60.000	66.000
Agua del proceso	Gal/min	120	150
Total de energía eléctrica y de vapor	Btu/hora	89,2*10 ⁶	-

Fuente: elaboración propia

A partir de esta información se determinó que los índices de vapor y electricidad anuales de ácido cítrico serían de 11,88 t / tAC y 1 700 kw-h / tAC, respectivamente, los cuales se utilizaron en el cálculo de los costos variables. La planta productora de ácido cítrico estará ubicada, como estrategia de integración y por orientaciones del Ministerio del azúcar, anexa a la empresa azucarera "Uruguay". La tonelada de vapor se cotizará a un precio de 4,96 CUP (moneda nacional).

A partir de la tecnología china se establecieron los índices de consumo de materia prima y de los insumos necesarios para la producción de ácido cítrico. Tales valores se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Índices de consumo y precios de materia prima y materiales

Materia Prima y materiales	Índice / t	Precio
Miel __ t	5	32,09
Ácido Sulfúrico __ t	1	87,7
Óxido de Calcio __ t	1	56,25
Ácido Clorhídrico __ t	0,4	169
Hidróxido de Sodio kg	10	0,66151
Amonio kg	10	0,18
Ag. Antiespumante kg	2	2,32575
Policuagulante kg	0,1	0,31147
Carbón Activado kg	20	2,84
Servicios		
Electricidad kwh	1 700	0,0753
Vapor ___ t	11,88	4,96
Agua de Proceso m ³	10	0,1
Agua de Servicio m ³	40	0,34

Fuente: elaboración propia

A continuación, y con apoyo de la metodología analizada anteriormente, se obtuvieron los indicadores para cada variante de producción (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores económicos para cada variante

Nº de Variante	Inversión inicial (USD)	VAN (\$)	TIR (%)	PR (años)
1	9'251.300,00	4'710.887,63	26	4,4
2	11'799.334,68	11'324.215,95	32	3,8
3	14'022.348,67	14'398.434,39	34	3,6

Fuente: elaboración propia

De la información ofrecida en la tabla anterior puede decirse que las tres variantes de proyecto son económicamente factibles con valores actuales netos (VAN) positivos, tasa interna de retorno (TIR) mayores del 16 %, así como periodos de recuperación de la inversión (PR) menores de cinco años. Se aprecia que la tercera variante (10.000 t) es la más ventajosa.

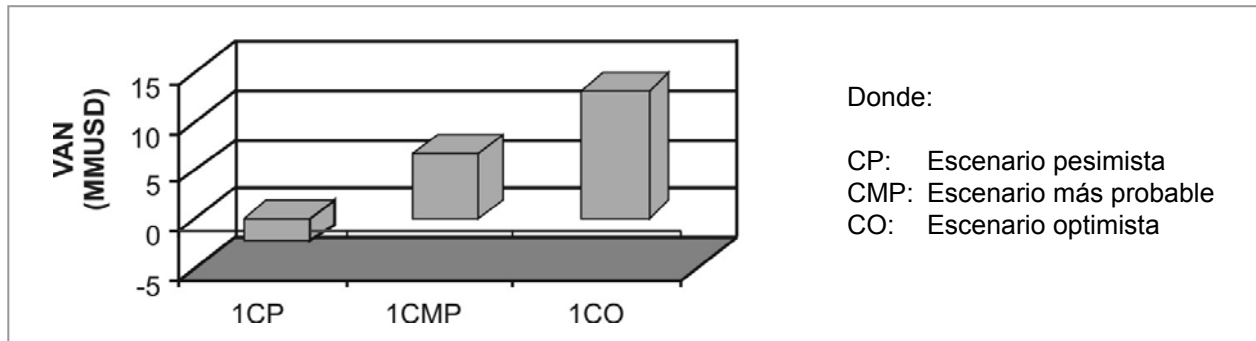
Se procedió, luego, a definir los indicadores (índice de Inversión, precios de la miel final y el ácido cítrico) mediante el análisis de escenarios (casos pesimista, más probable y optimista) para cada variante propuesta, los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Valor de las variables incluidas en el análisis de escenarios

Escenarios	Ind. Inv (5.000)	Ind. inv. (7.500)	Ind. inv. (10.000)	Precio AC (USD/t)	Precio Miel (USD/t)	Probable
Pesimista	3.000	1.600	1.500	1.700	35	0,3
Más probable	1.850,26	1.573,24	1.402,23	1.900	32,09	0,5
Optimista	1.700	1.500	1.380	2.288	30	0,2

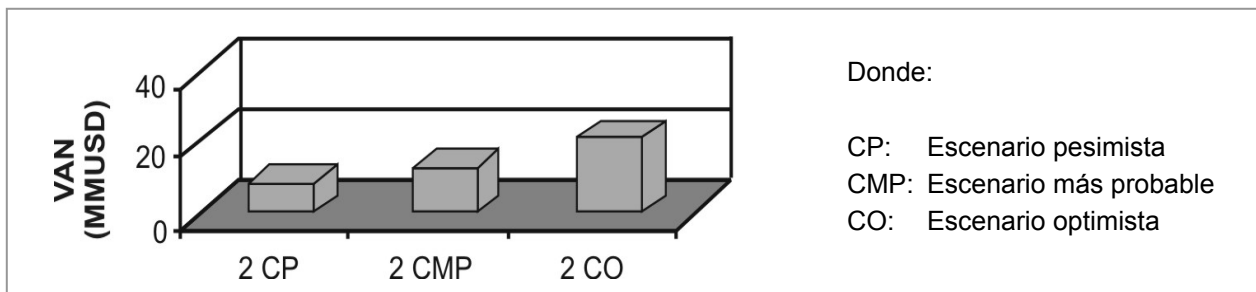
Fuente: elaboración propia

Se tomaron en consideración los resultados obtenidos a partir del quinto año de funcionamiento de la planta que será cuando produzca al 100 % de su capacidad.

Figura 1. Análisis de escenarios para la capacidad de 5.000 t

Fuente: elaboración propia

Los resultados para una planta de 5.000 t/año se muestran en la Figura 1. Como se aprecia, en este caso se concluye que no se aceptará el proyecto de inversión si las condiciones responden a un escenario pesimista dado que el VAN es negativo, la TIR menor del 16 % y el PR mayor de cinco años.

Figura 2. Análisis de escenarios para la capacidad de 7.500 t

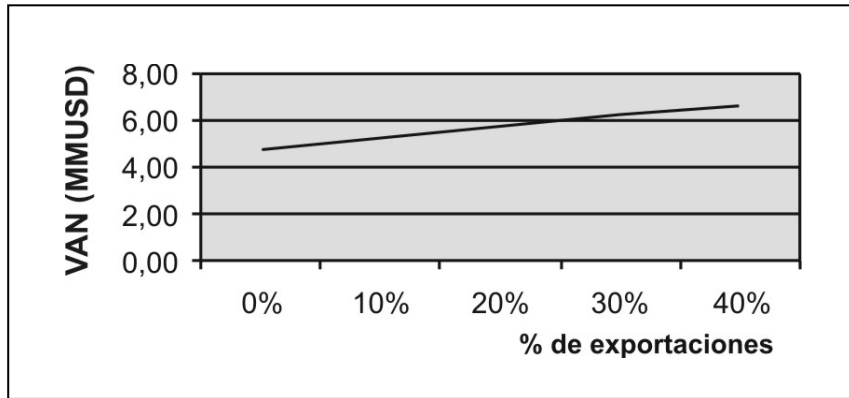
Fuente: elaboración propia

Las posibles variaciones analizadas para las capacidades de 7.500 y 10.000 t/año no influyen en gran medida en el comportamiento de los indicadores económicos. Por tal motivo es factible aceptar la inversión de una planta de 7.500 t/año y 10.000 t/año aun trabajando en un escenario pesimista.

El análisis de escenarios muestra la factibilidad de invertir en plantas con una capacidad productiva mayor de 5.000 toneladas anuales, siempre que exista una adecuada demanda en el país y en la región del Caribe, incluyendo además un análisis prospectivo que tenga en cuenta el comportamiento a 10 años vistas del producto final y de la materia prima fundamental: mieles u otros sustratos.

Otro aspecto tratado en el trabajo lo constituye el análisis de sensibilidad; se tomaron en consideración variaciones en los niveles de exportación del ácido cítrico.

Figura 3. Análisis de sensibilidad para una capacidad de 5.000 t



Fuente: elaboración propia

En la Figura 3 se puede apreciar el comportamiento del VAN con respecto a la variación de los niveles de exportaciones para una planta de 5.000 t/año.

Se estima que los ingresos más favorables se obtienen a medida que aumentan las ventas al exterior; sin embargo, es necesario satisfacer la demanda nacional establecida por encima de las 3.000 t/año, es decir, el 60 % de la producción.

De forma similar ocurre con la segunda variante de capacidad productiva (7.500 t/año). Para

satisfacer la demanda de la nación se requiere del 60% de la producción, o sea, se ingresaría un total de 15,45 millones de dólares anuales. Si la planta tiene capacidad 10.000 toneladas por año, las necesidades de ácido cítrico del país quedarían cubiertas siempre y cuando se exportara solo la mitad del volumen de producción; así se obtendría un ingreso de 21 millones de dólares. Aumentar o no el nivel de exportación sería una decisión a tomar de acuerdo con las condiciones que se presenten.



Conclusiones

Los proyectos analizados para las capacidades de 5.000 t, 7.500 t y 10.000 t anuales son económicamente factibles con valores del VAN, TIR y PR atractivos, exceptuando cuando se analiza la primera opción en un escenario pesimista.

Los resultados económicos más favorables se obtuvieron para la capacidad de 10.000 t/año, siempre que se logre un balance adecuado con las exportaciones del producto.

Bibliografía

Alderete, J. M. (1999). "Ácido Cítrico: El ingrediente que nos falta", *Revista Alimentos Argentinos*. 12. [en línea] Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_12/Citrico.PDF. (20 de Junio de 2003).

Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology [APCTT]. (2004). *Citric Acid Production. Technology Offer*. [En línea] Disponible en: <http://www.apctt.org/database/to6092.html> (12 de Junio de 2004).

Blanco, G. y M. Herryman. (2001). *Evaluación exploratoria de la producción de ácido cítrico. Panorámica mundial y en Cuba*. Cuba: Departamento de Evaluación Económica, ICIDCA.

_____. (1999). "Nuevos desarrollos en la producción de ácido cítrico: una alternativa para las mieles de la industria azucarera cubana", *Revista Cuba Azúcar*, 4 (XXVIII).

Colectivo de autores. (2003). *Producción de Acetal a partir de Bioetanol*. Buenos Aires: Reprográficas J.M.A., 259 p.

Douglas, P. L. (1995). *Design and scale up under uncertain*. III Taller Internacional de Escalado, La Habana.

González, E. *et al.* (2002). "Los problemas de incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado a la industria de la caña de azúcar". *Revista Centro Azúcar*, 4 (29). Santa Clara, Cuba, pp. 54-61.

Johnston Associates. (1999). *Energy consumption in the manufacture of selected bioproducts*. California: Johnstons.

Lauchy, A. *et al.* (2003). "La incertidumbre económica en las inversiones de plantas químicas a partir de biomasa", *Revista Centro Azúcar*, 1 (30). Santa Clara, Cuba, pp. 57-63.

López, G. R. (2002). *Citric Acid*. [En línea] Disponible en: www.mrw.interscience.wiley.com/kirk (20 de Junio de 2003).

Sánchez, T. O. J. *et al.* (2004). "Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación con *Aspergillus spp.*". *Revista Colombiana de Biotecnología*, 1 (6). pp. 43-54.