

ESTUDIO DE DIFERENTES CAPACIDADES PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN LA REGIÓN CENTRAL DE CUBA

**Lisbet López González*, Raquel de la Cruz Soriano y
Mailyn Gómez Ruiz,
Centro Universitario "José Martí Pérez" de Sancti Spíritus.**

Recibido: Mayo/2005

Aceptado: Septiembre/2005

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, utilizando como referencia trabajos precedentes relacionados con la temática cuyas metodologías y herramientas están disponibles. Se estudian varios proyectos para una planta de ácido cítrico de diferentes capacidades, de 5 000, 7 500 y 10 000 t. Se obtiene que son económicamente factibles con valores del VAN, TIR y PR atractivos, con excepción de la propuesta de 5 000 toneladas anuales en condiciones pesimistas.

Palabras clave: Producción de ácido cítrico, diferentes capacidades productivas, análisis económico.

STUDY OF DIFFERENT CAPACITIES FOR THE CITRIC ACID PRODUCTION IN THE CENTRAL REGION OF CUBA

The present work arises as answer to the diversification of the sugar industry in Cuba. The study is taken specifically as alternative from the necessities and possibilities of citric acid production, in the central region, using as reference preceding works related to the thematic whose methodologies and tools are available. Different projects are study for a plant of citric acid for different capacities 5 000, 7 500 and 10 000 t are economically feasible with values of VAN, TIR and PR, excepting when the proposal of 5 000 t annual in pessimistic conditions.

Key words: Citric acid production, different productive capacities, economic analysis.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de diversificación de la industria azucarera en Cuba se ha incrementado como respuesta a la desfavorable inestabilidad del mercado del azúcar a nivel internacional.

Además, se tiene en cuenta que presenta elevados precios de adquisición, los cuales oscilan entre

1 200 y 3 000 USD/t, así como las disímiles aplicaciones con tendencias al incremento en las industrias alimenticia, farmacéutica, de cosméticos y en la agricultura reportadas en la literatura.^{3,8}

Se hace necesario señalar que no existen precedentes relacionados con la producción nacional de ácido cítrico y se ha abordado por

^{1,2} Centro Universitario José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Ave. de los Mártires # 360, Sancti Spíritus, Cuba CP 60100.
E-mail: lisbet@suss.co.cu

pocos autores el estudio de la temática en el ámbito nacional,¹ 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. González y col.⁵ enfatizan en que el estudio de los métodos de consideración de incertidumbre en el diseño merece profundización, sobre todo en lo referente a cuándo existe incertidumbre en los datos de diseño, en la disponibilidad de la instalación y también en la incertidumbre financiera.

Se hace necesario, por tanto, tener en cuenta la incertidumbre económica de la inversión con el objetivo de determinar la variabilidad del resultado final al variar algunos de los parámetros estimados. Los métodos de incorporación del riesgo son insuficientes para agregarlos por sí solos a una evaluación, por ello los métodos de sensibilidad se proponen como un complemento de los análisis de riesgos.⁷

En el presente trabajo se plantea 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 tiene como precedente la información obtenida de estudios realizados por las autoras para la macrolocalización de la planta en la provincia de Sancti Spiritus integrada a la Empresa Azucarera Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo el procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. Análisis económico de la inversión de una planta de 5 000, 7 500 y 10 000 t/año para la producción de ácido cítrico.

La metodología utilizada es la recomendada por Peter, que aún se mantiene vigente al ser aplicada en el Proyecto de Acetal a partir de Bioetanol.²

Para tener elementos económicos sobre la producción de ácido cítrico se utilizó como referen-

cia la propuesta tecnológica de un Sitio en Internet con nacionalidad china para una planta de 5 000 toneladas anuales,⁹ con un índice de inversión de 2 179,86 \$/t AC el cual se encuentra en el rango obtenido para otras plantas en el mundo.¹ En el presente trabajo se toma un índice inferior igual a 1 850,26 \$/t AC, porque se considera que no todos los costos de servicios referidos por los chinos 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 primer 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 por¹.
- d. Para determinar los ingresos que se obtendrán con cada una de las variantes de capacidad productiva se considera que el precio de venta del ácido cítrico es de 1 900 USD/t, a partir del rango de los mayores precios de importaciones realizadas por nuestro país reportados por¹.

2. Determinación de los indicadores económicos (VAN, TIR, PR) de evaluación de inversiones para cada capacidad.

3. Evaluar la incertidumbre económica en la inversión.

Primeramente, se realiza un análisis de escenarios para cada variante de producción.

Se considera la incertidumbre para las variables siguientes:

- 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).

De esta forma se conforma un conjunto de valores pesimistas, más probables y optimistas,

con sus correspondientes probabilidades de ocurrencia.

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

Se considera un precio de venta del ácido cítrico para exportación de 2 300 USD/t. Para la primera variante (5 000 t/año) se exportará como máximo hasta un 40 %, lo cual equivale a 2 000 t con el fin de cubrir primeramente las necesidades del país y, contando a su vez, con un posible decrecimiento de los niveles de demanda. En el caso de la segunda variante (7 500 t/año), las exportaciones oscilarán en el rango del 33 % al 60 %, así como de un 50 % hasta un 70 % de la producción total en la tercera variante (10 000 t/año).

RESULTADOS

Los índices de consumo de vapor y energía se tomaron de lo reportado por ⁶ y se muestran en la tabla 1.

A partir de esta información se determina que los índices de vapor y electricidad anuales de ácido cítrico serán de 11,88 t/t AC y 1 700 kw-h/tAC, respectivamente, los cuales se utilizaron en el cálculo de los costos variables. La planta productora de ácido cítrico será ubicada anexa al central como estrategia de integración y, por orientaciones del MINAZ, el vapor que consumirá la misma tendrá un precio de 4,96 \$/t vapor.

A partir de la tecnología china se determinan los índices de consumo de materia prima y de los insumos necesarios para la producción de ácido cítrico. Estos valores se reportan en la tabla 2.

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	-

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

Materia prima y materiales	Indice/t	Precio
Miel (t)	5	32,09
Ácido Sulfúrico (t)	1	87,7
Óxido de Calcio (t)	1	56,25
Ácido Clorhídrico ton	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)	1700	0,0753
Vapor (t)	11,88	4,96
Agua de Proceso (m ³)	10	0,1
Agua de Servicio (m ³)	40	0,34

A continuación, teniendo en cuenta la metodología analizada anteriormente, se obtienen los indicadores para cada variante de producción. Ver tabla 3.

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 (1 000 t) es la más ventajosa.

Se procede para determinar 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 mostrados en la tabla 4.

Tabla 3. Indicadores económicos para cada variante

Nº de Variante	Inversión inicial (\$)	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

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 (\$/t)	Precio Miel (\$/t)	Probabl.
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

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

Los resultados para una planta de 5 000 t anuales se muestran en la figura 1, 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 5 años.

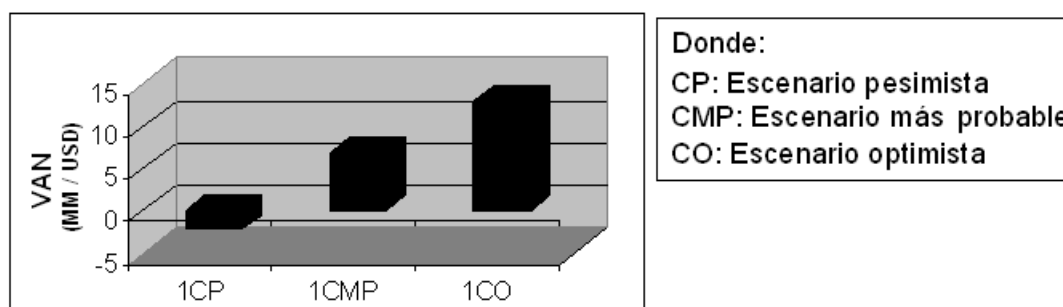


Figura 1. Análisis de escenarios para la capacidad de 5 000 t

Las posibles variaciones analizadas para las capacidades de 7 500 y 10 000 t 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 tratado en trabajo lo constituye el análisis de sensibilidad, tomando en consideración variaciones en los niveles de exportación del ácido cítrico.

En la figura 2 se puede apreciar el comportamiento del VAN con respecto a la variación de los niveles de exportaciones para una planta de 5 000 t anuales. Se aprecia que los ingresos más favorables se obtienen a medida que aumentan las ventas al exterior, sin embargo, es necesario satisfacer la demanda nacional determinada por encima de las 3 000 t/año, es decir, el 60 % de la producción.

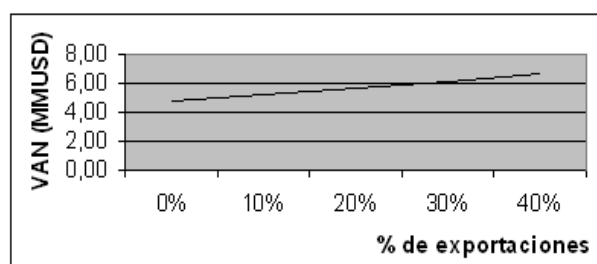


Figura 2. Análisis de sensibilidad para una capacidad de 5 000 t

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 las producciones, o sea, se ingresará un total de 15,45 MMUSD anuales. Si la planta

tiene una capacidad de 10 000 t anuales, las necesidades de ácido cítrico del país quedarán cubiertas siempre y cuando se exporte sólo la mitad del volumen de producción y se obtendrá un ingreso de 21 millones de dólares. Aumentar o no el nivel de exportación sería una decisión a tomar en dependencia de las condiciones que se presenten.

CONCLUSIONES

1. Los proyectos analizados para una planta de 5 000 t, 7 500 t y 10 000 t son económicamente factibles con valores del VAN, TIR y PR atractivos, con la excepción de la propuesta de 5 000 toneladas anuales en condiciones pesimistas.
2. Los resultados económicos más favorables se obtuvieron para la variante de 10 000 t, siempre que se logre cubrir la demanda con las exportaciones del producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blanco, G. y M. Herryman: Evaluación exploratoria de la producción de ácido cítrico. Panorámica mundial y en Cuba. Departamento de Evaluación Económica, ICIDCA, 2001.
2. Colectivo de autores: Producción de Acetal a partir de Bioetanol. Reprografías J.M.A. S.A. Argentina, 2003.
3. Dirección de Industria Alimentaria S.A.G.P. y A. Argentina. Internet, 2004
4. Douglas, Peter: Design and scale up under uncertain. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Waterloo, Ontario, Canadá, abril de 1995.
5. González, E. y col.: "Los problemas de incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado a la industria de la caña de azúcar". Revista *Centro Azúcar*, no. 4, 2002.
6. Johnston Associates, Inc.: Energy consump-

tion in the manufacture of selected bioproducts. California, EE.UU., 1999.

7. Lauchy, A. y col.: “La incertidumbre económica en las inversiones de plantas químicas a partir de biomasa”. *Centro Azúcar* (1), 2003.
8. López-García, R.: *Citric Acid*, John Wiley & Sons, Inc., EE.UU., 2002.
9. <http://www.apctt.org/database/to6092.html>, 2004.