

Adaptación de la tecnología de producción de etanol con características orgánicas en dos destilerías cubanas

Adaptation of ethanol production technology with organic characteristics in two cuban distilleries

Eliani Sosa-Gómez¹, Irenia Gallardo Aguilar¹, Ana Celia de Armas Martínez²

^{1.} *Facultad de Química y Farmacia/Santa Clara/Cuba; esgomez@uclv.cu
ORCID <https://0000-0003-2257-7348>*

^{1.} *Facultad de Química y Farmacia/Santa Clara/Cuba; irenia@uclv.edu.cu
ORCID <https://0000-0002-6360-6582>*

^{2.} *Empresa de bebidas y refrescos de Villa Clara anacia.dearmas@embervc.alinet.cu ORCID
<https://0000-0002-0147-0704>*

DOI: 10.70373/RB/2025.10.01.3

Resumen

Un alcohol obtenido por una tecnología como la mencionada en la investigación alcanzará ser muy cotizado en el mercado internacional lo cual traería beneficios para la economía del país y también desde el punto de vista ambiental. La materia prima fundamental es la miel orgánica, obtenida a partir de la caña de azúcar cultivada solo con abonos naturales. El presente trabajo propone dos alternativas de introducir la producción de etanol orgánico en destilerías con capacidades diferentes y con un proceso de obtención del mismo desigual para cada uno. Para el primer caso se propuso el uso de un concentrado cítrico para regular el pH en los procesos fermentativos; como resultados más importantes de la tecnología de 900 hL/d es que se obtuvo una factibilidad económica favorable en la condición que se determinó, puesto que el VAN es de \$ 12 965,04, la TIR es de 61,90 %, la inversión puede ser recuperada en menos de un año luego de puesta en marcha la producción de alcohol orgánico. Para el segundo caso se planteó la introducción en otra destilería con cultivo de levadura sin acidificante la cual llevaba la compra de un mayor equipamiento para el cultivo; en el caso de la tecnología de 500 HI/d se determinó los costos totales de inversión y producción siendo de \$ 995451,60 y 707836,19 \$ anuales respectivamente. El estudio de factibilidad muestra que la inversión no es factible.

Palabras clave: etanol; miel; destilería; factible.

Abstract

An alcohol obtained by a technology such as the one mentioned in the research could be highly valued in the international market, which would bring benefits to the country's economy and also from an environmental point of view. The fundamental raw material is organic molasses, obtained from sugar cane grown only with natural fertilizers. This work proposes two alternatives to introduce the production of organic ethanol in distilleries with different capacities and with an unequal process for obtaining it for each one. For the first case, the use of a citrus concentrate was proposed to regulate the pH in the fermentation processes. The most important results of the 900HI/d technology is that a favorable economic feasibility was obtained in the condition that was established, since the NPV is \$ 12,965.04, the IRR is 61.90%, the investment can be recovered in less than a year after starting up the production of organic alcohol. For the second case, the introduction in another distillery with yeast cultivate without acidifier was proposed, which involved the purchase of more equipment for cultivation. In the case of the 500 HI/d technology, total investment and production costs were determined to be \$995,451.60 and \$707,836.19 per year respectively. The feasibility study shows that the investment is not feasible.

Keywords: ethanol; molasses; distillery; feasible.

Introducción

Las cuestiones de la salud y medioambientales se han convertido en un motivo de preocupación a nivel internacional en rápido aumento, a medida que mejora nuestro conocimiento del impacto que tiene la actividad humana en los recursos naturales y que los efectos mismos se hacen más pronunciados¹.

La producción orgánica posibilita el incremento de los ingresos por exportaciones, contribuye a la sostenibilidad de las producciones y, de hecho, a la protección ambiental, revaloriza la agricultura tradicional, propicia la generación de empleos, y proporciona mayores ingresos a los productores^{2,3}. En lo particular las ventajas se enumeran a continuación:

- obtiene mayores precios por sus productos (entre 20 % y 40 % sobre los precios de los productos convencionales).
- Conserva y mejora sus recursos propios (suelo y agua).
- Produce alimentos sanos para el mercado.
- Trabaja en un ambiente sano, sin peligros de intoxicación y de enfermedades ocasionadas por los agroquímicos.
- Mantiene un empleo bien remunerado, además de generar alternativas de trabajo para la comunidad.

- Promueve la producción sostenible y la conservación del medio ambiente en su región.

Una vez que una entidad ha verificado el cumplimiento de las normas que rigen el ámbito de los productos orgánicos, se concede una etiqueta al producto⁴. Esta etiqueta varía de acuerdo con el organismo de certificación que la expida, pero puede tomarse como garantía de cumplimiento de los requisitos fundamentales de un producto “orgánico” desde la finca hasta el mercado⁵. Es importante señalar que la etiqueta de calidad orgánica se aplica al proceso de producción, y garantiza que el producto se ha creado y elaborado en forma que no perjudique al medio ambiente. Esta etiqueta respalda, pues, un proceso de producción, a diferencia de la certificación de calidad ^{1,6}.

Desde la década de los 90 Cuba, viene trabajando por lograr una agricultura cada vez más ecológica, u orgánica, menos dependiente de los costosos insumos de productos químicos y basada en el desarrollo científico-técnico en aras de alcanzar una verdadera racionalidad ecológica y sustentabilidad económica⁷. Desde hace varios años se ha prestado una gran atención a la diversificación de esta industria, buscando alternativas más atractivas a través de la integración de procesos que tiendan a tecnologías más limpias y nuevas oportunidades de negocios a partir de la biomasa de la caña de azúcar⁸. La producción de caña de azúcar orgánica y sus derivados surge como una estrategia del país, teniendo en cuenta el incremento de la demanda de estas producciones a nivel internacional, sus altos precios, así como los beneficios que proporcionan desde el punto de vista ambiental, por la no utilización de productos químicos contaminantes, la no quema y el uso racional de residuos agroindustriales que permiten cerrar el ciclo productivo ⁹.

“Carlos Baliño” enmarcado en el municipio de Santo Domingo, provincia Villa Clara, es un ingenio construido en 1903 considerado como categoría media en cuanto a su capacidad de molida, y se ha caracterizado por su alta eficiencia y calidad del producto terminado. Comenzando su primera producción orgánica en el año 2001¹.

La miel orgánica como fuente principal de azúcares es la materia prima fundamental para la producción de alcohol orgánico que por su parte exige en su proceso productivo la ausencia de sustancias o productos químicos producidos por síntesis, tales como ácido sulfúrico, urea, antiespumante y fosfato, entre otros nutrientes, estos pueden ser remplazados por concentrados de frutas cítricas. Como búsqueda de una nueva alternativa los autores han propuesto un concentrado de toronja o naranja, que es capaz de garantizar un pH óptimo durante todo el proceso de fermentación, que es tolerado por las levaduras y además no retrasa el proceso fermentativo, resultados obtenidos en experimentos de laboratorios ^{10,11}.

La etapa principal del proceso es la fermentación, pues en ella es donde se obtiene el alcohol deseado, por tanto, el logro del mayor rendimiento en esta etapa es de gran importancia. Esto se alcanza a través del control de un conjunto de parámetros que van desde la propia preparación de la miel final como materia prima, hasta el vital punto del cultivo del microorganismo que será el encargado de la conversión de los azúcares en¹².

El alcohol orgánico es un alcohol en cuyo proceso productivo no se emplean fuentes inorgánicas de nutrientes ni ácidos inorgánicos para mantener el pH del medio ¹³. La materia prima fundamental es la miel orgánica, obtenida a partir de la caña de azúcar cultivada solo con abonos naturales^{12, 14}.

Un alcohol obtenido por una tecnología como la mencionada anteriormente pudiera ser muy cotizado en el mercado internacional lo cual traería beneficios para la economía del país y también desde el punto de vista ambiental estaríamos dando un paso de avance en la conservación de nuestro ¹⁵.

Teniendo todo esto en cuenta la presente investigación tiene como objetivo:

Elaborar una propuesta tecnológica para la producción de alcohol orgánico en destilerías con diferentes capacidades.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio es importante conocer las principales materias primas empleadas en la obtención de etanol orgánico. Se empleó como materia prima miel tipo B la cual se caracterizó para evaluar sus parámetros y conocer su composición en base a azúcares. Los resultados se muestran en la Tabla 1. La que presenta resultados diferentes a estudios reportados con mieles finales de caña de azúcar ¹⁶.

Tabla 1. Caracterización de la miel orgánica B

Parámetros	Valor
Brix	86,12
Pol (%)	50,16
Pureza (%)	58,24
Reductores totales (%)	62,75
Reductores normales (%)	13,13

Reductores invertidos (%)	49,62
Sacarosa real (%)	47,12
Azúcares totales (%)	60,27
Cenizas (%)	9,78

Levadura *Saccharomyces cerevisiae* liofilizada

Se empleó como microorganismo para la fermentación una cepa de levadura *Saccharomyces*, históricamente, han sido utilizadas mundialmente en la producción de alcohol con resultados satisfactorios ^{17,18}. En la Tabla 2 se presentan sus características.

Tabla 2. Caracterización de la levadura empleada.

Valor Nutritivo por 100 g	Cantidad
Calorías	390 kcal
Grasas	6 g
Saturados	2 g
Colesterol	0 g
Sodio	0,075 g
Calcio	0,045 g
Hierro	0,005 g
Carbohidratos	33 g
Fibra	27 g
Azúcares	0 g
Proteínas	50 g
Vitamina A	0 g
Vitamina C	0,3 g

Concentrado de naranja

El concentrado de naranja se caracteriza por presentar una textura fluida con cuerpo, un color amarillo claro e intenso, por ser homogéneo, de turbidez uniforme y por estar prácticamente exento de partículas pequeñas características del fruto. Su olor y sabor son característicos a naranja procesada en adecuado estado de madurez y a jugo fresco, además presenta un ligero regusto a la resina de la cáscara ¹⁹.

Este se utiliza para ajustar el pH como sustituto al ácido sulfúrico, empleado en el proceso tradicional. Con él se ajusta el pH de la batición entre 4,2 y 4,5 pues la levadura presenta una buena resistencia a medios ácidos, a diferencia de otros microorganismos, evitando así infecciones ¹⁵.

A continuación, se presenta dos alternativas de adaptación de la tecnología de producción de etanol orgánico en destilerías con capacidades diferentes.

Adaptación de la tecnología de obtención de etanol en destilería con capacidad de 900 HI/d

La fermentación escogida es la semicontinua, es decir, cada cuba trabaja separadamente y desplazada en el tiempo de tal forma que continuamente se está alimentando con mosto fermentado de la sección de destilación, mientras que la cuba madre trabaja siempre en continuo simultáneamente ²⁰.

El líquido procedente de la preparación del mosto se divide en dos partes, uno que va a las cubas de fermentación (mosto fuerte) y otro que alimenta a las cubas madres (mosto de baja concentración). El objeto de la cuba madre es preparar un inóculo o pie de levadura para alimentar a las cubas hijas, en mismo representa el 20 % - 25 % del volumen total.

Las cubas son tapadas y están provistas de bomba de agitación y enfriamiento en sistema exterior. El proceso dispondrá de dos cubas madres o de propagación de levadura autóctona.

En el proceso de fermentación el mosto a 16 °Brix se añade a la cuba madre a una temperatura de 30-35 °C y con inyección de aire continuo, con el soplador, esto es muy importante porque favorece la proliferación de levaduras. La formación de levadura disminuye el contenido de azúcar por lo que se ha de alimentar constantemente con mosto. Este proceso es enfriado para mantener la temperatura cerca de los 30°C, por el intercambiador de calor. El tiempo de retención oscila entre 8 y 10 horas, para mantener una población de levadura superior a los 300 millones de células por mililitro y adaptada al medio alcohólico.

A las cubas hijas o fermentadores se le añade una siembra de 9 °Brix que es regulada por la válvula en su entrada en el depósito, después de estar su densidad baja debido a la fermentación se añade el mosto de 22 °Brix por la a un 30 % - 40 % de su totalidad continuando la fermentación pero con nueva alimentación, este procedimiento es enfriado por él y bombeado por la que circula el vino por el según

lo indiquen los controles de temperaturas, en el mismo momento se abrirá la de salida de CO₂ según lo requiera, y transcurrido un tiempo (cuando el Brix sea la mitad del inicial más uno) se completa el volumen de trabajo del fermentador. Aproximadamente cada 4 horas se inocula un fermentador, con mosto procedente de la cuba madre, el 25 % de su volumen total trabajo.

Durante el tiempo que se está efectuando la fermentación, se le suministrara la siembra y el mosto de 22 °Brix de la misma manera que el anterior, y así sucesivamente se va realizando el procedimiento para los 10 fermentadores instalados en la planta.

Este proceso semicontinuo en la sala de fermentación, con un ciclo de fermentación entre las 35 a 40 horas, garantiza la existencia de fermentadores muertos en espera para ser destilados y así no ocasionar paradas en la fábrica, ya que en general la misma opera a régimen continuo.

El mosto fermentado o vino de los fermentadores ya muertos y que han tenido un reposo de una a dos horas es bombeado a la etapa de destilación de inmediato. Los sedimentos de los fermentadores se separan y se bombean hacia la fábrica de levadura ya que se utiliza como pienso animal.

Los fermentadores ya descargados son sometidos a un proceso de limpieza y esterilización para comenzar nuevamente el ciclo de fermentación ²¹.

La figura 1 representa lo antes dicho en la descripción del proceso en la destilería.

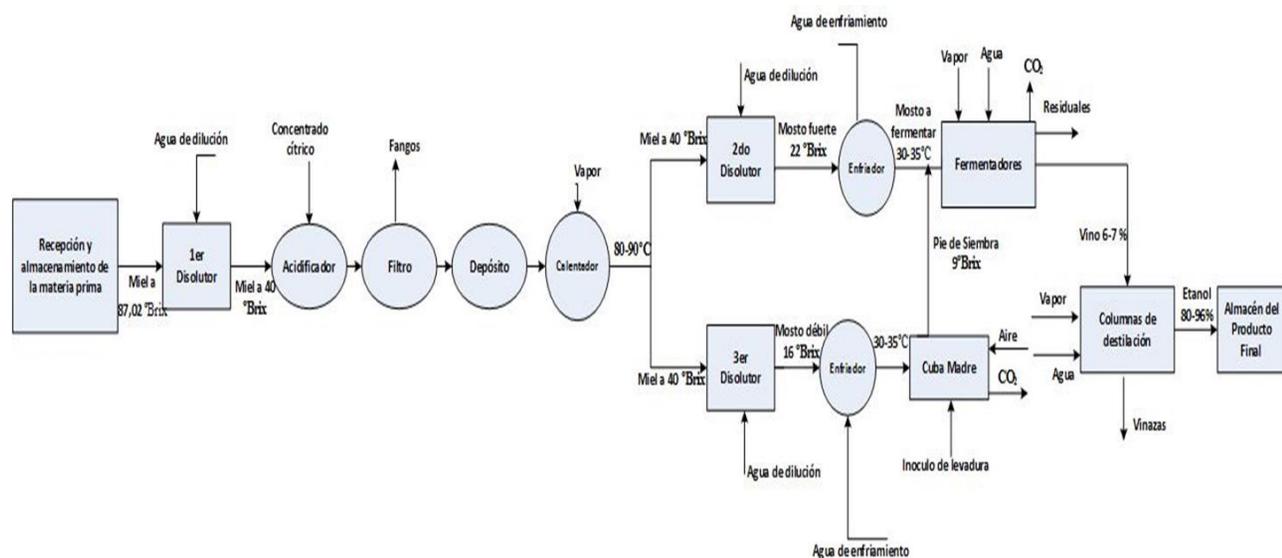


Figura 1. Diagrama de bloque de la producción de alcohol orgánico

Adaptación de la tecnología de obtención de etanol en destilería con capacidad de 500 HI/d.

En este caso se propone la introducción de la propagación del microorganismo sin el suministro de nutrientes y sin utilizar concentrados de cítricos para el ajuste del pH

- Etapa de propagación de la levadura

Se prepara un volumen de batición a 80 kg/m^3 de azúcares reductores fermentables y se esteriliza para eliminar cualquier microorganismo perjudicial. Se inocula la levadura a razón de 20 g/L y se comienza a airear a $0,8 \text{ vvm}$. La etapa de cultivo se agita a razón de 150 rpm . La etapa de prefermento se trabaja a las mismas condiciones que la de cultivo, pero sin agitación mecánica. Cuando el Brix disminuye a la mitad más uno de su valor inicial, se inocula la siguiente etapa en ambos casos.

- Etapa de fermentación alcohólica

Se carga el fermentador con un pie de batición a Brix de corrida. Se añade un volumen de inculo proveniente del prefermentador igual al 30% del volumen del fermentador y se espera hasta observar actividad en el medio. Luego se llena el fermentador hasta alcanzar una concentración de 119 kg/m^3 de azúcares fermentables en condiciones anaerobias y se fermenta durante 30 horas.

- Destilación

Se destila el vino para concentrar el grado alcohólico obtenido empleando las columnas destiladora y rectificadora hasta obtener una riqueza alcohólica de $94 \text{ }^\circ\text{GL}$ aproximadamente.

Esta etapa dura 3 horas aproximadamente.

Se realizó un análisis para determinar el número de equipos necesarios para desarrollar el proceso de acuerdo a las condiciones de laboratorio. Como resultados tenemos que se necesitan dos cultivadores, cuatro prefermentadores y once fermentadores. La fábrica posee todos los fermentadores y tres prefermentadores que pueden ser empleados como cultivadores en nuestra propuesta por sus dimensiones.

Evaluación Económica

La evaluación económico-financiera de un proyecto, hecha de acuerdo con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea, si es o no rentable y si siendo conveniente, es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio, además de brindar elementos para decidir el tamaño de planta más adecuado²².

Los criterios de evaluación que se aplican con más frecuencia por los analistas de proyectos consisten en comparar precisamente los flujos de ingresos con los flujos de costos y los mismos se clasifican en dos categorías generales que son las técnicas para el análisis de la rentabilidad de la inversión (con y sin

financiamiento) y las técnicas para el análisis financiero. A la primera categoría pertenecen los métodos actualizados como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) y a la segunda los análisis de liquidez ²³.

Indicadores dinámicos de rentabilidad

Una valoración de la factibilidad de la inversión se realizó sobre la base del cálculo de los indicadores dinámicos: VAN, TIR, PRD y RVAN, tomando una tasa de interés del 12 %. La estimación se realizó en un período de 10 años²⁴.

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

A partir de esta expresión, además de obtener el VAN, se determina la TIR (Tasa de Rendimiento Interna), y el PRD (Período de recuperación al descontado).

$$\text{RVAN (Índice de rentabilidad)} = \frac{\text{VAN}}{\text{Costo total de inversión}} \quad (2)$$

Resultados

En el caso de la primera adaptación la cual tiene una producción diaria entre 900 HI/d hasta 150 HI/d se obtienen los siguientes resultados:

El planteamiento del balance de masa y de energía en el área de destilación en la destilería se mantiene igual ya que las transformaciones a realizar para la producción de alcohol orgánico se va a realizar en el área de fermentación, por lo tanto para un flujo de vino de 1 632,68 ton/d se obtiene un total de 964,84 HI/d de alcohol orgánico y para una producción de 6 días al año da un total de 5 789 HL/año.

Según los resultados de los balances de masas realizados se pudo determinar que la cantidad de concentrado cítrico a emplear es de 38 t/d o 54 m³/d.

Para el segundo escenario con una capacidad de producción de 500HL/d se determinaron a través de los balances de materiales los consumos de materias primas para producir etanol bajo las condiciones de laboratorio la cual nos da para 10 días de trabajo.

Los balances de materiales y energía en todo el proceso dan como resultado que para la fermentación de un solo fermentador se necesitan en total 26020,16 kg miel y 82,171 m³ de agua. Se destilarán ocho fermentadores diarios, dado que la destilación de cada fermentación dura tres horas aproximadamente. Se conoce que la cantidad total de miel orgánica entregada por es de 2039,661 ton/año, por lo que es posible destilar un total de 78 fermentadores durante 10 días.

A continuación, en la tabla 3 se muestra una comparación en caso de la cantidad de equipos que debe insertar cada tecnología para realizar la producción del etanol orgánico.

Tabla 3. Equipamiento de las dos destilerías.

Destilería de 900HI/d			Destilería de 500HI/d		
Equipos	Nº equipos	Costo total de inversión (\$)	Equipos	Nº equipos	Costo total de inversión (\$)
Disolutor	1	500,18	Tanque de etanol	2	171 507,83
Bomba centrífuga	1	683,09	Tanque de cabezas	1	201 77,39
			Prefermentadores	4	121 064,35
			Compresores	1	80 709,57

Se determinaron a través de los balances de materiales los consumos de materias primas para producir etanol orgánico en las condiciones diferentes los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Consumos de materias primas

Destilería de 900HI/d				Destilería de 500HI/d			
Materia Prima	Cantidad	Precio (\$/U.M)	Importe (\$/año)	Materia Prima	Cantidad	Precio (\$/U.M)	Importe (\$/año)
Miel orgánica t/año	2 079,00	92,00	191 268,00	Miel orgánica t/año	2029,57	84,16	170808,61
Concentrado de toronja (ton/año)	228,00	1 070,00	243 960,00	Agua (m ³ /año)	6409,34	0,53	3396,95
Levadura (Kg/año)	36,00	4,00	144,00	Levadura (Kg/año)	7020	3,96	27799,20

Tabla 5. Valor de ingreso de los productos.

Destilería de 900HI/d				Destilería de 500HI/d			
Producto	Cantidad	Precio (\$/U.M)	Importe (\$/año)	Producto	Cantidad	Precio (\$/U.M)	Importe (\$/año)
Alcohol Orgánico (HL/año)	5 789,0	91,00	526 800,60	Alcohol orgánico (HL/año)	4 373,1	75	327 982,4
				Cabezas (HL/año)	189,72	32	6 071

Tabla 6. Costo Total de Producción Costos Totales de Producción al 100 % de capacidad.

Destilería de 900HI/d		Destilería de 500HI/d	
Gastos Generales	23 930,72	Gastos Generales	66 939,80
Costos Totales de Producción (sin Depreciación)	523 124,29	Costos Totales de Producción (sin Depreciación)	707 836,19

De acuerdo a la evaluación de los indicadores económicos mediante la metodología planteada por ²⁵, los cuales están en correspondencia con este tipo de planta en cuanto a su factibilidad teniendo en cuenta la venta del producto principal.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la evaluación de los indicadores para el estudio de la factibilidad.

Tabla 7. Resultados de los Indicadores de la factibilidad de la Inversión

	Destilería de 900HI/d	Destilería de 500HI/d
Indicador	Valor	Valor
Valor Actual neto (VAN)	\$ 12 965,04	\$ -59 42 967,65
Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	61,90 %	-
Período de Recuperación al descontado (PRD)	Menor de un año	-

En las figuras 2 y 3 se muestra el comportamiento del Plazo de Recuperación al Descuento (PRD) en un período de tiempo de 10 años para el primer escenario y segundo escenario respectivamente.

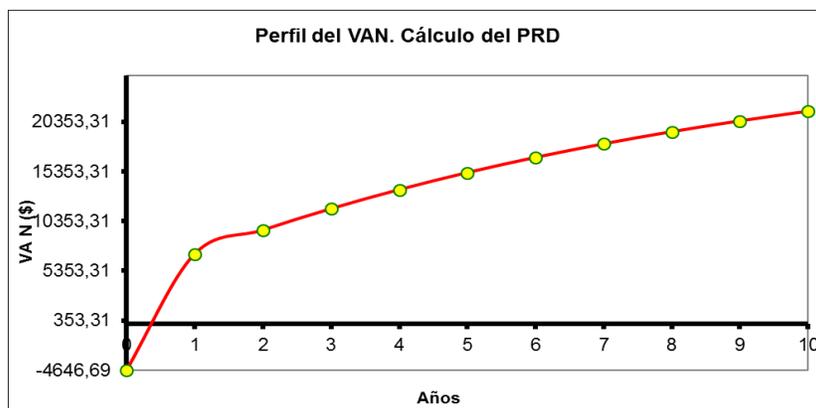


Figura 2. Determinación del Plazo de Recuperación al Descuento (PRD) en el escenario medio

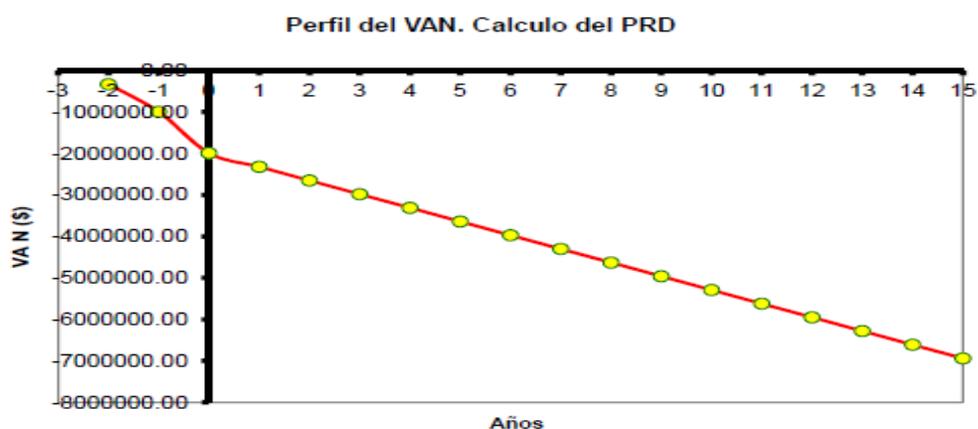


Figura 3. Determinación del Plazo de Recuperación al Descuento (PRD) en el escenario medio

Discusión

De los resultados obtenidos comparando los dos escenarios, puede apreciarse que la planta de 900 HI/d va hacer la más rentable de la cual se puede concluir que tiene un VAN > 0, por lo que el proyecto sujeto a estudio es factible, pues es capaz de generar suficiente ingreso indirecto (por concepto de ahorro) que permite pagar la inversión y los costos de operación. La Tasa Interna de Retorno es igual a 61,90 %, valor mayor que la tasa de descuento, pero además es superior al criterio de aceptación para este indicador de rentabilidad establecido en $TIR \geq 16 \%$, lo que propicia la aceptación del proyecto. El período de recuperación de la inversión no llega al año. No obstante, la tecnología de 500HI/d lleva un mayor equipamiento con respecto a la primera y además como no se conoce el precio real de venta del etanol

orgánico se realiza un estudio de sensibilidad aumentado este valor de venta por lo cual la planta será rentable en cinco años con un precio de 250 \$/Hl.

Conclusiones

Los productos orgánicos mantienen un sostenido crecimiento en el consumo mundial, siendo los países desarrollados los mayores consumidores de estos productos por lo que se abren oportunidades de mercado para la diversificación, lo que permite presentar nuevos proyectos.

La factibilidad económica en la condición de la tecnología de 900Hl/d arrojó que la inversión es favorable, puesto que el VAN es de \$ 12 965,04, la TIR es de 61,90 %, la inversión puede ser recuperada en menos de un año luego de puesta en marcha la producción de alcohol orgánico.

En caso de la tecnología de 500 Hl/d, se determinan los costos totales de inversión y producción, siendo de \$ 995 451,60 y 707 836,19 \$ anuales respectivamente. El estudio de factibilidad muestra que la inversión no es factible para el precio \$ 75 por unidad.

Referencias

1. [Buedo, Mayelin](#). Las Producciones Orgánicas como Oportunidades de Negocio para el Central Carlos Baliño, Enfermería [Online], [2011](#), vol. 33. Available: <http://www.rdalyc.org/pdf/1052/105215401002>.
2. Tucker, J., Introducción a la Norma Final de Fortalecimiento del Cumplimiento Orgánico (SOE por sus siglas en ingles), USDA Agricultural Marketing Service (AMS) National Organic Program (NOP), 2023.
3. Organic Food Production Act.(OFPA), Subcapítulo M: Disposiciones de la ley de producción de alimentos orgánicos, 2021 www.ecfr.gov. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Bu%C5%A1i%C4%87%20A%5BAuthor%5D>
4. Orozco, S. Manual para familias productoras: certificación orgánica. Paso a paso. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica, 2011 Materiales de extensión no. 7
5. Calderón, A. G., Morata, A. y Vejarano, R., Bioconversion and effect of metabolic inhibitors on secondary metabolites production during alcoholic fermentation, 2019,
6. Arijana Bušić, Nenad Marđetko, Semjon Kundas, Galina Morzak, Halina Belskaya, Mirela Ivančić Šantek, Draženka Komes, Srđan Novak, and Božidar Šantek ,Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review. Food Technology and Biotechnology 56 (3) 289-311 (2018) Review ISSN 1330-9862. doi: 10.17113/ftb.56.03.18.5546

7. Ojeda, R. Propuesta de introducción de la tecnología de obtención de alcohol orgánico en la destilería del CAI "Heriberto Duquesne". Tesis de Grado Universidad Central "Marta Abreu " de Las Villas, Cuba, 2005. <https://1library.co/subject/destileria-de-heriberto-duquesne>
8. FLOOR, S., Tamaño del mercado de bebidas alcohólicas y análisis de acciones tendencias de
9. crecimiento y pronósticos [Online], 2023.
10. García, R. Cultivo mixto en el desarrollo de la fermentación para la producción de alcohol orgánico. Tesis de Grado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, 2006.
11. González, M. V. M., Sosa, C. D., Durán, J. C., & Echarte, C. O., Uso de concentrados cítricos en la fermentación alcohólica con mieles orgánica del central «Carlos Baliño», . 2016, Informe técnico confidencial.
12. Sosa, E., Estudio de la etapa de Fermentación de la producción de etanol orgánico. Vol. 9 No.3. 2024, https://search.crossref.org/search/works?q=1390-9355&from_ui=yes
13. Rodríguez Ovalle, A. Evaluación de una propuesta tecnológica para la obtención de etanol orgánico en la destilería "Santa Fe", perteneciente a la UEB Derivados "Heriberto Duquesne". Tesis de Grado, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, 2016. <https://1library.co/document/yevr9d0z-evaluacion-propuesta-tecnologica-obtencion-destileria-perteneciente-derivados-heriberto.html>.
14. Leonard, G. H., Fermentation of Wood Sugars to Ethyl Alcohol, 1945.
15. Correa, Y., Rodríguez, I., & Gallardo, I. Primeros estudios sobre la obtención de alcohol orgánico o ecológico. Centro Azúcar, Vol. 32, No. 1, 2005, pp 30-38.
16. Gomez, A., Estudio de la etapa fermentativa para la obtención de etanol orgánico con las condiciones de las destilerías cubanas", Tesis de Grado, Universidad Central "Marta Abreu " de Las Villas, Cuba, 2024.
17. Montero Oviedo, K. "Estudio de una alternativa tecnológica para la producción de etanol orgánico". Tesis de Grado, Universidad Central "Marta Abreu " de Las Villas, Cuba, 2019. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/19/>
18. Saura, G., artínez, G., & Valdéz, I., Memorias de VI Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. La Habana, junio, 13-16, (2000).
19. Suárez-Machín, Caridad; Garrido-Carralero, Norge Antonio; Guevara-Rodríguez, Carmen Amarilys. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, Vol. 50, No 1, enero-abril, 2016, pp. 20-28.
20. Quiroz, H. O., Parámetros óptimos de concentrado de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) y su efecto en la vitamina C. PAKAMUROS, 2023, <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/180>

21. Sosa, D., Propuesta de modificación tecnológica para la producción de alcohol orgánico en la destilería Alcoholes Finos de Caña SA., 2018, Universidad de Cienfuegos Sede "Carlos Rafael Rodríguez".
22. Penín, E., Propuestas de alternativas de mejoras tecnológicas en la destilería ALFIC S.A (Tesis de Maestría), 2016, Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas, Santa Clara.
23. Luna, R. y CHaves, D., Guía para elaborar estudios de factibilidad de proyectos ecoturísticos, 2012.
24. Berrizbeitia, A. C. & Mondino, D., Estudio de factibilidad económica financiera para la creación de un restaurante de comida saludable en el Municipio Chacao, 2016, Estado Miranda.
25. Suárez, D. P., Chariguaman, D. A. N., Espín, R. N. y Silva, A. M. C.. Estudio de Factibilidad económica como herramienta en la determinación de la rentabilidad para la implementación de la producción y comercialización de frutas oriundas de la amazonía en almíbar en la ciudad de Puyo, 2019, Infinite Study.
26. Peters, M. S., y Timmerhaus, K. D. (2003). Plant Design and economics for Chemical Engineers (Five Edition).

Citación: Sosa-Gómez¹, E. Gallardo-Aguila¹, I. De Armas-Martínez, A. Adaptación de la tecnología de producción de etanol con características orgánicas en dos destilerías cubanas. 2025. Volumen 10. Número 1. DOI: 10.70373/RB/2025.10.01.3

Recibido: 12 diciembre 2024 Aceptado: 4 enero 2025 Fecha de Publicación 15 de marzo 2025

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

Publisher's Note: Bionatura stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)