

Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales

Technical and economic evaluation of the project to obtain essential oils

MSc. Marlys Y. Véliz-Jaime^I, Dra. C. Yudith González-Díaz^{II},

Ing. Yunier Martínez-Despaigne^{III}

^IPoder Popular de la provincia Santiago de Cuba; ^{II}Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente, Cuba;

^{III}Fábrica de Cemento José Merceron Allen

marlys@gobscu.cu

Resumen

En Santiago de Cuba es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado como son los aceites esenciales. Debido a la necesidad de identificar cuál es la tecnología apropiada para la obtención de aceites esenciales, en este trabajo se realizó la evaluación técnica y económica del proyecto de su obtención por lo que se realizaron estudios de mercado, técnicos y económicos financieros. Como resultado del trabajo desarrollado se seleccionó el método de extracción por arrastre de vapor, los equipos evaluados fueron los ofertados por la firma FIGMAY SRL. Los efectos ambientales en cada etapa del proyecto resultaron ser mitigables y reversibles. Para los extractores a escala de laboratorio, piloto, semi-industrial e industrial los valores del VAN fueron de \$ 772,95; \$ 19 506,03; \$ 97 168,99 y \$ 199 209,84 respectivamente, los valores de la TIR fueron del 20 %, 40 %, 84 % y 119 % respectivamente y la inversión se recupera en 7 años y 2 meses, 3 años y 7 meses, 1 año y 8 meses, 1 año y 4 meses respectivamente. En la evaluación económica realizada los indicadores de rentabilidad son positivos y favorables para todos los extractores, por lo que la decisión de cual adquirir debe estar en función de la disponibilidad de materia prima en cada entidad.

Palabras clave: destilación por arrastre con vapor, aceites esenciales, inversión, eficiencia económica.

Abstract

In Santiago de Cuba it is necessary to carry out studies that promote the development of economic, efficient and cost-effective technological processes that encourage the use of waste as a source of suitable raw materials for the production of high added value products such as oils Essentials. Due to the need to identify the appropriate technology for the obtaining of essential oils, in this work the technical and economic evaluation of the project of its obtaining was carried out, in which market, technical and economic studies were carried out. As a result of the work developed, the method of extraction by steam trawl was selected, the teams evaluated were those offered by the company FIGMAY SRL. The environmental effects at each stage of the project proved to be both mitigable and reversible. For the extractors at laboratory, pilot, semi-industrial and industrial scale, the NPV values were \$ 772,95; \$ 19 506,03; \$ 97 168,99 and \$ 199 209,84 respectively, the IIR values were 20 %, 40 %, 84 % and 119 % respectively and the investment is recovered in 7 years and 2 months, 3 years and 7 months, 1 year and 8 months, 1 year and 4 months

Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales
Marlys Y. Véliz Jaime, Yudith González-Díaz, Yunier Martínez-Despaigne, pp. 208-220
respectively. In the economic evaluation carried out, profitability indicators are positive and
favorable for all extractors, so the decision of which to acquire must be based on the availability
of raw material in each entity.

Keywords: Steam trailing distillation, essential oils, investment, economic efficiency.

Introducción

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para los sectores gubernamental e industrial, por ello, es importante lograr un aprovechamiento racional de los subproductos agroindustriales; el aprovechamiento racional de los materiales residuales puede brindar rendimientos económicos que pueden contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos [1]. Por lo tanto, es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado.

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas en cuya composición interviene una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que responden a la fórmula $(C_5H_8)_n$ junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites el aroma que los caracteriza [2].

Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia que es bastante parecida a los aceites grasos, pero se distinguen de ellos, porque al dejar caer unas gotas de esencia sobre el papel, éstas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa [2].

Los aceites esenciales se encuentran muy difundidos en el reino vegetal. Se pueden encontrar localizados en diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las hojas (albahaca, mejorana, menta, romero, salvia, etcétera.), en las raíces (cálamo, valeriana, etcétera), en la corteza (canela, cedro, sándalo, etcétera), en las flores (jazmín, rosa, etcétera), en la cáscara del fruto (limón, mandarina, naranja, etcétera), en los frutos (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, y otros).

Al desarrollar el proceso de extracción de aceites esenciales de plantas se plantea la posible diversificación de cultivos e incremento de la mano de obra en el campo. Además, puede ofrecer un modelo de desarrollo autosostenible al aprovechar en su totalidad todos los desechos generados [3]. La extracción de aceites esenciales, además de ser un proceso con tecnologías limpias, brinda la posibilidad de utilizar el 100 % de los desechos generados en el proceso contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Es por esto que el Proyecto: Apoyo a la cadena de valor hortofrutícola en la Provincia de Santiago de Cuba (PROSANTIAGO) se enfoca en la producción de un producto industrializado no tradicional como lo es el aceite esencial, así como también en el desarrollo de los cultivos hortofrutícolas en la provincia, los que servirán de materia prima para la elaboración de este aceite.

En este trabajo se realiza un estudio para proponer el proyecto de inversión para la obtención de aceites esenciales, con el fin de sustituir importaciones y crear un producto con valor agregado que es muy cotizado en el exterior.

Por lo anteriormente explicado el objetivo fundamental del trabajo es: evaluar técnica y económica el proyecto de obtención de aceites esenciales.

Materiales y métodos

Para la selección del método de extracción de aceites esenciales, se realizó un estudio bibliográfico y a partir del mismo se analizaron las ventajas y desventajas de cada método.

Para la evaluación técnica de la propuesta tecnológica para la producción de aceite esencial se analizó la documentación del equipamiento ofertado por la firma FIGMAY SRL.

Para determinar el costo de capital total de la planta se calculó solamente la inversión fija porque la inversión operativa fue ofrecida por la firma FIGMAYSRL. En el cálculo de la inversión fija los gastos de transporte, seguros e impuestos y el costo de equipamiento de la propuesta tecnológica fueron ofrecidos por la firma FIGMAYSRL

El procedimiento para la estimación del capital fijo fue el siguiente [4]:

Precio de compra de los equipos actualizados, E_i =Dato ofrecido por la firma

Equipamiento Instalado, $C_{ei} = 10 \% E_i$

Edificaciones principales, $E_{dp} = 10 \% E_i$

Edificaciones auxiliares, $E_{da} = 0$

Facilidades y servicios instalados, $F_s = 55 \% E_i$

Costo directo, $C_d = C_{ei} + E_{dp} + E_{da} + F_s$

Movimiento de tierra, $M_t = 0$

Fletes, seguros e impuestos, $F_{si} = 8 \% E_i$

Otros gastos directos, $O_{gd} = 6 \% C_d$

Costo directo total, $C_{dt} = C_d + M_t + F_{si} + O_{gd}$

Personal indirecto del campo de acción, $P_{ica} = 5 \% C_{dt}$

Otros gastos indirecto del campo de acción, $O_{gica} = 21 \% C_{dt}$

Costo de construcción, $C_c = C_{dt} + P_{ica} + O_{gica}$

Gastos de la oficina de la empresa constructora, $G_{om} = 3 \% C_c$

Gastos de la dirección del proyecto, $G_{dp} = 5 \% C_c$

Gastos del personal supervisor, $G_{ps} = 3 \% C_c$

Imprevistos del proyecto, $I_{py} = 5 \% C_{adi}$

Imprevistos del proceso, $I_{ps} = 8 \% C_{adi}$

Capital depreciable incluyendo imprevistos $C_{adii} = C_{adi} + I_{py} + I_{ps}$

Compra de terreno, $C_{tr} = 0$

Capital depreciable excluyendo imprevistos, $C_{adi} = C_c + G_{om} + G_{dp} + G_{ps}$

Inversión Fija, $I_F = C_{adii} + C_{tr}$

La inversión total está formada por el capital fijo y por el capital operativo por lo que se determinó de la siguiente manera:

Capital Total o Inversión Total = Capital Fijo + Capital Operativo

Es muy imprescindible estimar los costos de producción, pues son todos aquellos en que es necesario incurrir para desarrollar el proceso productivo. Para ello se siguieron los pasos que a continuación se enumeran.

- 1) Materias Primas.
- 2) Materiales de producción.
- 3) Mano de obra de operación.
- 4) Servicios auxiliares del proceso.
- 5) Mantenimiento y reparaciones (2% de la Inversión Fija).
- 6) Suministros de operación (10 % de Mantenimiento y reparaciones).
- 7) Laboratorio de control (20% de la mano de obra de operación).
- 8) Costos de Fabricación directos = CFD = la suma 1) → 7).
- 9) Generales (nómina, empackado, almacenamiento, etc.), (70% de la suma 3)+ 5).
- 10) Costo de fabricación indirecto= CFI = 8)+ 9) + 10).
- 11) Costo de fabricación totales = CFT ° = CFD + CFI.
- 12) Depreciación, D, ($\approx 10\%$ del Capital Fijo).
- 13) Costos Administrativos (25 % de los Gastos Generales).
- 14) Distribución y Costos de venta (10 % del costo de producción total).
- 15) Investigación y desarrollo (5 % del costo de producción total).
- 16) Gastos Generales = GG = 13) + 14) + 15).
- 17) Costos de Producción Totales= CT = CFT +D + GG.

Definidos el presupuesto y los costos de producción se procede a realizar la evaluación económica del proyecto para lo cual se determinaron los siguientes indicadores financieros:

- Capacidad de equilibrio
- Flujo Neto de Efectivo

- El Valor Actual Neto (VAN).
- La Tasa Interna de Rendimiento (TIR)
- Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)
- Razón Beneficio / Costo (B/C)

El punto de equilibrio se puede calcular tanto para unidades como para valores en dinero. Algebraicamente el punto de equilibrio para unidades se calcula por la ecuación (1):

$$PE_{unidades} = \frac{CF}{p - v} \quad (1)$$

donde

CF: costos fijos

p = precio de venta unitario

v = costo variable unitario.

El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por años de las entradas y salidas de divisas en efectivo desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento del proyecto y puede resumirse en la ecuación:

$$VAN = \left[\frac{FNE_0}{(1+i)^0} + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \right] - I \quad (2)$$

donde

VAN: Valor Presente Neto o Valor Actual Neto

I: Capital Inicial de la Inversión.

FNE: Flujo Neto Efectivo.

n: Número de periodos a ser evaluados.

i: Tasa de Inversión expresada en tanto por uno

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es la tasa de actualización a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivos, dicho de otra manera, es la tasa a la cual el VAN es cero, o sea nula la rentabilidad del proyecto. Mientras mayor sea el valor del TIR más

rentable es el proyecto. La Tasa Interna de Retorno de un proyecto puede entonces resumirse en la ecuación:

$$VAN=0=\left[\frac{FNE_0}{(1+TIR)^0}+\frac{FNE_1}{(1+TIR)^1}+\dots+\frac{FNE_n}{(1+TIR)^n}\right]-I \quad (3)$$

El tiempo de recuperación de la inversión (TRI) o tiempo de pago de una inversión, es el cálculo asociado a determinar, el momento en el que los flujos netos de efectivos han cubierto la inversión inicial y se comienza a obtener rendimiento del negocio o del proyecto. Para su cálculo se utiliza el valor de los flujos descontados para saber cuánto tiempo se tardará el proyecto en recuperar la inversión, es decir, sumar los flujos netos de efectivos a que los mismos den igual a la inversión.

$$TIR=t_{ia}+\frac{I-FNE_{aia}}{FNE_n} \quad (4)$$

La Razón Beneficio / Costo (B/C) representa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada. Igual que el VAN y la TIR, el análisis de beneficio-costos se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar en la cual se basa la decisión. Solo se diferencia del VAN en el resultado, que es expresado en forma relativa. Se halla de la siguiente forma:

$$B/C=\frac{\sum_{i=1}^n \frac{FNE_t}{(1+i)^t}}{I} \quad (5)$$

donde

B/C: Razón Beneficio Costo

t: Período

$\sum FNE_t$: Sumatoria de los Flujos netos efectivos actualizados

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de las ventajas y desventajas de cada método de extracción de aceite esencial se muestran de forma resumida en las tablas 1 y 2

Tabla 1
Ventajas de los métodos de extracción de aceite esencial

Métodos de extracción	Ventajas
Enfleurage	Gran calidad del aceite esencial obtenido.
Extracción con solventes	Uso de temperaturas bajas.
	Posibilidad de separación de componentes individuales.
Extracción por prensado	Es una tecnología bien conocida hace años pero todavía tiene sus detalles y secretos.
Extracción con fluidos supercríticos	Alto rendimiento.
	Ecológicamente limpio.
	Fácil retiro y reciclaje del solvente.
	Bajas temperaturas de extracción.
	No hay alteración química del aceite.
	Cambiando parámetros operacionales se puede cambiar la composición del aceite extraído.
Hidrodestilación	No se requiere de un calderín generador de vapor.
	Son muy utilizados en el campo.
	Son fáciles de instalar, se pueden llevar de un sitio a otro.
	Son baratos.
	Seguros, fáciles de operar y presentan un consumo energético bajo.
Extracción por arrastre con vapor	La extracción por arrastre de vapor es un proceso de extracción muy limpio que asegura un producto de buena calidad.
	Se requiere de instalaciones básicas de herrería para la construcción y mantenimiento del equipo.
	Método industrial y de laboratorio.
	Buenos rendimientos en aceite extraído.
	Obtención del aceite puro, libre de solvente.
	Bajo costo.
	Tecnología no sofisticada.
	Aplicación de principios de ingeniería Química.

El método seleccionado para la extracción de aceites esenciales es “extracción por arrastre con vapor” debido a sus buenos rendimientos, a la pureza y calidad del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada, además de tener bajo costo y ser energéticamente más eficiente.

Tabla 2
Desventajas de los métodos de extracción de aceite esencial

Métodos de extracción	Desventajas
Enfleurage	Es un método antiguo que ya no se emplea.
	Es un método muy laborioso.
	Requiere mucha mano de obra.
	Está ampliamente superado técnicamente por otros métodos alternativos.
Extracción con solventes	Costoso.
	Contaminante del ambiente.
	Riesgo de incendio y explosión.
	Difícil de separar completamente el solvente sin alterar la composición del aceite.
	Co-extracción de ácidos grasos, ceras y pigmentos.
Extracción por prensado	Cuando el aceite sale de la prensada todavía tiene muchas impurezas que deben ser eliminadas
	La mezcla detritos-agua-aceite se centrifuga a 5000 rpm durante 40 min y el aceite esencial recuperado se coloca en una nevera al 3 °C durante 4 h, para solidificar gomas y ceras que se localizan en la superficie.
	El aceite esencial se debe guardar en recipientes oscuros a 12 °C
	Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial.
	Alta inversión inicial.
Hidrodestilación	Los aceites producidos son más coloreados.
	Tienden a presentar un cierto olor a quemado
	Siempre van a requerir una etapa posterior de refinación.
Extracción por arrastre con vapor	Su principal inconveniente es la alta temperatura de operación, que lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes sensibles al calor.

El extractor por arrastre con vapor, escala industrial seleccionado fue el ofertado por la firma argentina FIGMAYSRL, compuesto de cámara de extracción de vidrio borosilicato de 100 L de capacidad, con junta plana esmerilada, caldera con vela calefactora de cuarzo de 6000 Watt, montada sobre bujes y tuercas de teflón a un costo de \$ 22 900,00.

En la tabla 3 se detallan los datos técnicos del Equipo extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor ofrecido por la firma FIGMAY SRL.

Tabla 3
Datos técnicos del equipo extractor de aceites esenciales seleccionados

Medidas del equipo	Ancho: 0,9 m
	Alto: 2 m
	Largo: 0,6 m
Alimentación del equipo	Eléctrica: 220 V
	Consumo: 3000 W/h
Consumo de agua de la red	80 L/h
Superficie de evaporación de la caldera	400 cm ²
Volumen de la cámara de extracción	22, 32, 50 L (También volúmenes intermedios y mayores hasta 90 - 100 L, según necesidades del cliente)
Peso completo del equipo	32 kg

Partiendo del algoritmo que permite estimar la inversión total, se obtienen los resultados siguientes:

Capital fijo o inversión fija $I_F = \$ 28 214,95$

Capital operativo $I_O = \$ 2 821,49$

Capital total o inversión total $I_T = \$ 31 036,44$

Los resultados del proceso de estimación del costo de producción según el algoritmo presentado son presentados en la tabla 4.

Tabla 4
Estimación del Costo de Producción

Componentes	Costo (\$/a)
Materias Primas	45 454,55
Materiales de producción	8 928,57
Mano de obra de operación	7 176,00
Servicios auxiliares del proceso	2 290,00
Mantenimiento y reparaciones	564,30
Suministros de operación	56,43
Laboratorio de control	1 435,20
Costos de Fabricación directos	65 905,05
Generales (nómina, empackado, almacenamiento, etc.)	5 418,21
Costo de fabricación indirecto	5 418,21
Costo de fabricación totales	71 323,26
Depreciación	2 821,49
Costos Administrativos	4 634,05
Distribución y Costos de venta	9 268,09
Investigación y desarrollo	4 634,05
Gastos Generales	18 536,19
Costos de Producción Totales	92 680,94

Para elaborar el programa de producción se tendrá en cuenta la disponibilidad de la materia prima, es decir se pretende producir 95 040mL anuales de aceite esencial, lo cual representa el 50 % de la capacidad instalada de la planta. En el primer año se producirá el 80 % de la capacidad a producir (40 % de capacidad instalada), con la finalidad de identificar, seleccionar y asegurar los proveedores de materia prima e insumos y establecer los mecanismos de transporte y comercialización del producto de acuerdo a los requerimientos de los clientes. En los años siguientes se incrementará en un 10 % anual la capacidad de producción hasta alcanzar el 100 % de la capacidad a producir (50 % de la capacidad instalada); en todos los años se trabajará un turno de 8 horas y 20 días al mes.

Para la determinación de los ingresos por venta se considera el precio de venta actual para 1 mL de aceite esencial que es de 0,4 \$/mL

La determinación de la capacidad de equilibrio se realizó empleando la ecuación (1).

$$PE_{unidades} = \frac{CF}{p-v} = 62574,7 \text{ mL/año} \approx 62575 \text{ mL/año}$$

Teniendo en cuenta el punto de equilibrio determinado se puede afirmar que el volumen de producción mínimo de aceite esencial a producir para obtener ganancias es de 62 575 mL/año.

En la tabla 5 se muestra la determinación del flujo neto efectivo.

Tabla 5
Determinación del flujo neto de efectivo

Parámetros	(\$/a)
Ingresos por venta (S)	53 222,4
Costo total de producción (Ct)	35 862,76
Depreciación (D)	2 821,49
Ct-D	33 041,26
Ingresos brutos (IB) [S-(Ct-D)]	20 181,14
Beneficios brutos (B) [Ib-D]	17 359,64
Impuestos (Imp)	5 207,893 28
Beneficios netos (Bn) [B-Imp]	12 151,75
Flujo neto de efectivo (FNE) Bn+D	14 973,25

Se elaboró el flujo de caja para un período de trabajo de 10 años considerando la tasa mínima aceptable del rendimiento (TMAR) del 15 % (tabla 6).

Tabla 6
Flujo de caja

Años	Evento	FNE	FNE actualizado	FNE Acumulado
1	Inversión	-31036,44	-31 036,444 7	-31 036,444 7
2	Producción	11 465,71	9 970,179 51	-21 066,265 1
3	Producción	14 087,46	10 652,142 5	-10 414,122 7
4	Producción	14 973,25	9 845,152 27	-568,970 416
5	Producción	14 973,25	8 561,001 97	7 992,031 56
6	Producción	14 973,25	7 444,349 54	15 436,381 1
7	Producción	14 973,25	6 473,347 43	21 909,728 5
8	Producción	149 73,25	5 628,997 76	27 538,726 3
9	Producción	149 73,25	4 894,780 66	32 433,507
10	Producción	14 973,25	4 256,331 01	36 689,838
11	Producción	17 794,74	4 398,587 81	41 088,425 8

Para un TMAR= 15 % el Valor Actual Neto (VAN) calculado fue de \$ 35 729,07 y la cero y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de un 43 %. Como el VAN es mayor que cero y la Tasa Interna de Rendimiento es mayor que la tasa mínima aceptable recomendada (TMAR) se acepta el proyecto.

El tiempo de recuperación de la inversión se determinó por la ecuación (4)

$$TRI = 3 + \frac{568,97}{8561,00} = 3,07$$

TRI= 3 años, 8 meses, 12 días

El tiempo para recuperar la inversión es de tres años y nueve meses después de comenzado el proceso productivo.

La razón Beneficio/Costo se calculó empleando la ecuación 6. El valor del Coeficiente Beneficio Costo fue de 2,32, por ser mayor que 1 se puede afirmar que la relación beneficio/ costo es buena y el proyecto es rentable

Conclusiones

En este trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. El método seleccionado para la extracción de aceites esenciales es “extracción por arrastre con vapor” debido a sus buenos rendimientos, a

la pureza y calidad del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada, además de tener bajo costo y ser energéticamente más eficiente.

2. Se identificó en el mercado internacional la oferta de planta para la extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor de la firma FIGMAY SRL.
3. La inversión inicial requerida es de \$31 036,44 y el costo de producción total es de 92 680,94 \$/año
4. En la evaluación económica realizada los indicadores de rentabilidad son positivos y favorables. El VAN es de \$35 729,07 y la TIR es 43 %. Se recupera la inversión a los 3 años y 9 meses de comenzado el proceso productivo y el valor del Coeficiente Beneficio Costo fue de 2,32.

Referencias bibliográficas

1. NAVARRETE, C., *et al.* “Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales”, *Dyna*: Junio de 2010, 77(162), pp. 85-92.
2. GIL, E.; SAEZ, A.; “Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía “cero emisiones”. Cuaderno de Investigación No. 30. Medellín: Universidad EAFIT, 2005, p. 42 ISSN 1692-0694.
3. ZULUAGA, O.; VELÁZQUEZ E. Diseño de un proceso industrial para la obtención de aceites esenciales de dos especies nativas Colombianas. Tesis de Grado. Universidad EAFIT, Colombia, 1997.
4. ULRICH D GAEL, *Diseño de economía de los procesos de Ingeniería Química*. D. R Mc Graw Hell, México, 1992.