

Potencialidad Técnico-Económica para la Producción de Casabe en Cuba

O. Pérez Navarro ^{a,*}, E. González Suárez ^a, N. Ley ^a, L. García ^b, J.E. Miño Valdés ^c, S.L. Hase ^d

^a Dpto. Ing. Quím. Fac. Quím.-Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Cuba

^b Grupo Empresarial de Protección de Flora y Fauna. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba

^c Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^d Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, UNaM, Posadas Misiones Argentina

e-mails: opnavarro@uclv.cu, erenio@uclv.cu, nley@uclv.edu.cu, vicepresidente3@osde.ffauna.cu, minio@fio.unam.edu.ar, sandrahase@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen

Se determinan las potencialidades técnico-económicas para la producción mecanizada de casabe en Cuba aplicando asimilación tecnológica y considerando la incertidumbre en la demanda del producto. El análisis se efectúa para variedades de yuca cubanas cosechadas con fines industriales. Se propone el esquema tecnológico para el proceso mecanizado, garantizando los requerimientos de seguridad y calidad. Se modelan los balances de materiales y energía, se determina el punto de equilibrio del proyecto y se efectúa un análisis de sensibilidad al comportamiento de los precios y al tamaño de planta. Los ingresos superaron los costos a partir de una capacidad de 1 $t_{raíces}/d$. Para generar pequeñas producciones que permitan incentivar el consumo y consolidar los mercados se propone la combinación de los surtidos casabe, harina y almidón. Cuando los mercados estén consolidados pueden lograrse producciones que alcanzan períodos de recuperación menores de cuatro años cuando el tamaño del proyecto es mayor a 2,25 $t_{raíces}/d$, obteniendo producciones superiores a las 0,92 t_{casabe}/d . El proyecto alcanza resultados similares a capacidad de 1,4 $t_{raíces}/d$ y escenarios de precios del casabe 15 % más favorables que los actuales.

Palabras Clave – Asimilación tecnológica, Casabe, Demanda, Incertidumbre, Tecnología mecanizada, Yuca

Abstract

The technical-economic potentials for the mechanized production of cassava in Cuba are determined applying technological assimilation and considering the uncertainty in the demand of the product. The analysis is made for Cuban cassava varieties harvested with industrial ends. For the mechanized process, a technological scheme which ensures safety and quality requirement is proposed. The balances of materials and energy are modeled, the point of balance of the project is determined and analysis of sensibility is made to the behavior of the prices and the plant size. Revenues exceeded costs from a capacity of 1 t_{roots}/d . To generate small productions which allow to motivate the consumption and to consolidate the markets, a combination of the selected casabe, flour and starch is proposed. When the markets are consolidated, productions with recovery periods less than four years could be achieved if the project size is bigger than 2,25 t_{roots}/d , obtaining superior productions to the 0,92 t_{casabe}/d . The project achieves similar results to 1,4 t_{roots}/d of capacity and pricing scenarios of casabe 15 % more favorable than the current ones.

Keywords – Technological assimilation, Casabe, Demands, Uncertainty, Mechanized technology, Cassava

SÍMBOLOS

W_1 : Flujo másico de raíces (kg/h)

FAL : Fracción de agua para el lavado ($L/kg_{raíces}$)

AL : Flujo másico de agua de lavado (kg/h)

x_{DL} : Fracción de desechos del lavado

W_2 : Flujo másico de raíces lavadas (kg/h)

$x_{Cascarilla}$: Fracción de cascarilla ($kg_{casc.}/kg_{raíces}$)

W_3 : Flujo másico de raíces descascaradas (kg/h)

x_{PRD} : Fracción de pérdidas en el descarado

W_6 : Flujo másico de ralladura (kg/h)

RF : Flujo másico de lechada del filtro (kg/h)

$x_{aditivos}$: Fracción másica de aditivos ($kg_{aditivo}/kg_{rall}$)

$Aditivos$: Flujo másico de aditivos (kg/h)

x_{PM} : Fracción másica de pérdidas en el mezclado

W_7 : Flujo másico de mezcla para hornear (kg/h)

$x_{evapor.}$: Fracción másica de evaporación en horno (kg_{agua}/kg_{w7})

EH : Flujo másico de evaporación en el horno (kg/h)

$Casc.$: Flujo másico de cascarilla (kg/h)	W_8 : Flujo másico de casabe horneado (kg/h)
W_4 : Flujo másico de raíces seleccionadas (kg/h)	CP_{W7} : Capacidad calorífica de la mezcla para hornear (kJ/kg °C)
RD : Flujo másico de raíces dañadas (kg/h)	T_{Horno} : Temperatura de trabajo del horno (°C)
x_{RD} : Fracción de raíces dañadas	λ_{Horno} : Calor latente de vaporización en el horno (kJ/kg)
W_5 : Flujo másico de raíces trituradas (kg/h)	Qh : Calor transferido en el horno (kJ/h)
x_{PRPT} : Fracción de pérdidas en trituración	PC_{CN} : Poder calórico del crudo nacional (kJ/kg)
RSR : Flujo másico de residuos sólidos del rallado (kg/h)	CN : Flujo másico de crudo nacional en el horneado (kg/h)
x_{rall} : Fracción másica sólidos secos en ralladura (kg _{ss} /kg _{torta})	x_{PE} : Fracción másica de pérdidas en el envasado
x_{torta} : Fracción másica de sólidos secos en torta (kg _{ss} /kg _{torta})	PE : Flujo másico de pérdidas en el envasado (kg/h)
W_9 : Flujo másico de casabe envasado (kg/h)	

1. Introducción

El casabe se define, por el Diccionario Panhispánico de Dudas [1]; como una torta hecha con harina de mandioca o yuca, que se consume en algunas zonas de América. Este producto es el principal legado culinario indígena del Caribe y Amazonas y es conocido como el “pan de yuca” de los aborígenes de la región, principalmente de Venezuela [2] y Cuba [3]. La presentación actual más aceptada es la galleta crujiente con aditivos [2]. En términos de la composición química de este alimento lo más importante es su contenido energético y la presencia de vitaminas B y C, minerales y fibra. Destacan sus períodos de conservación de hasta 8 meses cuando las condiciones ambientales son favorables [2].

A pesar de las potencialidades para el cultivo de la yuca, este renglón no se produce en Cuba como producto industrializado, puesto que hasta el presente solo existe producción nacional de casabe en condiciones rústicas en la región medio oriental del país [4]. Las variedades empleadas para este surtido son fundamentalmente las amargas [5]. En Cuba, son especialmente atractivas con este fin las variedades industriales INIVIT Y-93-4 y Señorita, atendiendo a su contenido en materia seca, fibra y almidón [6].

Para evaluar las perspectivas técnico-económicas de la producción de casabe en Cuba es necesario considerar que a pesar de la tradición cultural y los antecedentes del consumo de este producto, desde los aborígenes, no existe en este momento en el país un mercado consolidado [7], por lo que más que estudiar dicho mercado es necesario desarrollar producciones pequeñas y competitivas en calidad y precio que permitan abrir perspectivas de comercialización de este producto, opción muy atractiva ante la crisis alimentaria mundial. En ese escenario, el elemento que define la efectividad de las inversiones requeridas es la intensificación de la calidad y dentro de ella la inocuidad [8], la competitividad y la efectividad técnico-económica adecuada a pequeños tamaños de planta.

El objetivo de este trabajo fue determinar las potencialidades técnico-económicas para la producción de casabe en Cuba a partir de tecnología mecanizada, aplicando asimilación tecnológica y considerando la incertidumbre en la demanda.

2. Materiales y métodos

Para cumplir los objetivos propuestos se efectuó vigilancia tecnológica de los procesos existentes para la elaboración de casabe que garantizan las exigencias previstas, determinando que el más adecuado para ello es la tecnología mecanizada y se aplicó el procedimiento estratégico de desarrollo de procesos agroindustriales complementado por asimilación tecnológica propuesto por

Pérez [7]. La adaptación de tecnologías se efectuó de acuerdo a la metodología de Ley [9].

De acuerdo a los requerimientos actuales de mercado y tamaño de planta, la adaptación tecnológica y la evaluación técnico-económica previstas son particulares en este caso y se efectuaron determinando primeramente el tamaño de la instalación en el punto de equilibrio entre costos e ingresos. Para capacidades incrementadas respecto a dicho punto, se determinó el comportamiento de los costos totales de producción y los ingresos por ventas como función de la capacidad de tratamiento de raíces. Posteriormente se adaptó una instalación con las características tecnológicas del proceso mecanizado, se aplicó el balance de materiales y energía obteniendo modelos matemáticos, en función de la capacidad de tratamiento de raíces y se efectuó el dimensionamiento del equipamiento adaptado.

La selección y diseño del equipamiento adaptado se realizó, para los transportadores de bandas y el lavador descascarador, por el método de Oriol [10]; para la trituradora y los molinos de martillos, por el método de Mazón [11]; para el filtro prensa, por el método de Rosabal y Valle [12] y para las bombas centrífugas, por el método de McCabe y Smith [13]. Para el horno boundare se desarrolló un procedimiento de cálculo basado en los requerimientos de área de horneado.

El análisis de los indicadores económico financieros dinámicos se desarrolló para un costo de oportunidad del 10 % y un período de vida útil de la instalación de 15 años, funcionando 300 días al año durante 8 horas diarias. Se consideró la forma de presentación del producto en galletas de 50 gramos. Los precios de los portadores energéticos se consideraron a partir de indicaciones del Ministerio de Economía y Planificación [14]. La estimación de los costos de inversión y de operación se efectuó por la metodología de Peters y Timmerhaus [15]. Los análisis de sensibilidad consideraron el tamaño de planta, la inversión requerida y los precios del producto y la materia prima.

2.1. *Propuesta tecnológica para la producción mecanizada de casabe*

Para elaborar casabe, se han desarrollado recientemente tecnologías mecanizadas que garantizan calidad, seguridad e inocuidad alimentaria [8]. En ellas, se incluye un tratamiento inicial en húmedo con descascarado a fondo. Las etapas de rayado y desintegración se efectúan en procesos secos. Al material rallado se le reduce la humedad por prensado mecánico. La etapa de moldeado se efectúa por rodillo de troquelado y la formulación con los aditivos por sistema alimentador-mezclador tipo sinfín. Como aditivos se emplean cárnicos, quesos, preparados a base de maní, mantequilla u otros saborizantes. El horneado final garantiza la conformación crujiente del producto terminado y su inocuidad. Esa etapa se desarrolla en hornos tipo boundare con alimentación y descarga por transportador de bandas [16]. Para este esquema se utilizan filtros prensa hidráulicos o mecánicos, moldes, mesas sanitarias, mezclador para la preparación de las formulaciones de aditivos, hornos y dispositivos de retractilado para el envase [17].

Como subproducto se obtiene la lechada del filtrado que es rica en almidón. Cuando la instalación de casabe está integrada a la producción de almidón esta corriente se inserta en dicho proceso, en caso contrario se destina a la alimentación animal o se somete a tratamiento anaeróbico como un residual [18].

El tratamiento primario o de preparación de las raíces consiste en recepción, lavado-descascarado y trituración-desintegración. El lavado descascarado puede ejecutarse en húmedo o

en seco, pero en seco no garantiza los requerimientos de higiene y su eficiencia baja en época de lluvias [19]. En húmedo se efectúa una preselección y limpieza con agua a presión, combinada con descascarado a fricción [20]. Este método efectivo, que permite el tratamiento para consumo humano, tiene como desventaja que consume entre 1 y 1,3 $L_{\text{agua}}/kg_{\text{raíces}}$, aunque luego de tratamiento primario, esta puede reciclarse al lavado o usarse en el riego [18] [21].

La trituración se efectúa en seco, en diferentes equipos dependiendo del nivel de industrialización de la instalación y del grado de reducción de tamaño deseado. En los procesos tradicionales se desintegran los gránulos a través de rayado en cilindros de lámina cortante, mientras que en el proceso mecanizado se emplean trituradores y desintegradores mecánicos [22] [23].

Los equipos pueden ser construidos en acero al carbono con protección anticorrosiva pero a partir del desintegrador se requiere acero inoxidable porque el ácido cianhídrico liberado provoca un color azulado en el almidón a causa de la presencia del cianato de hierro [24].

Los residuos sólidos de las etapas iniciales son secados en patios de concreto, los mismos son impurezas, cascarilla y residuos de la selección. Las impurezas como tierra o restos de las plantas y cascarilla se emplean como abonos y los residuos de selección, junto al resto de la fibra, se destinan a la alimentación animal [18] [21].

En la Fig.1 se muestra el esquema tecnológico para la producción mecanizada de casabe.

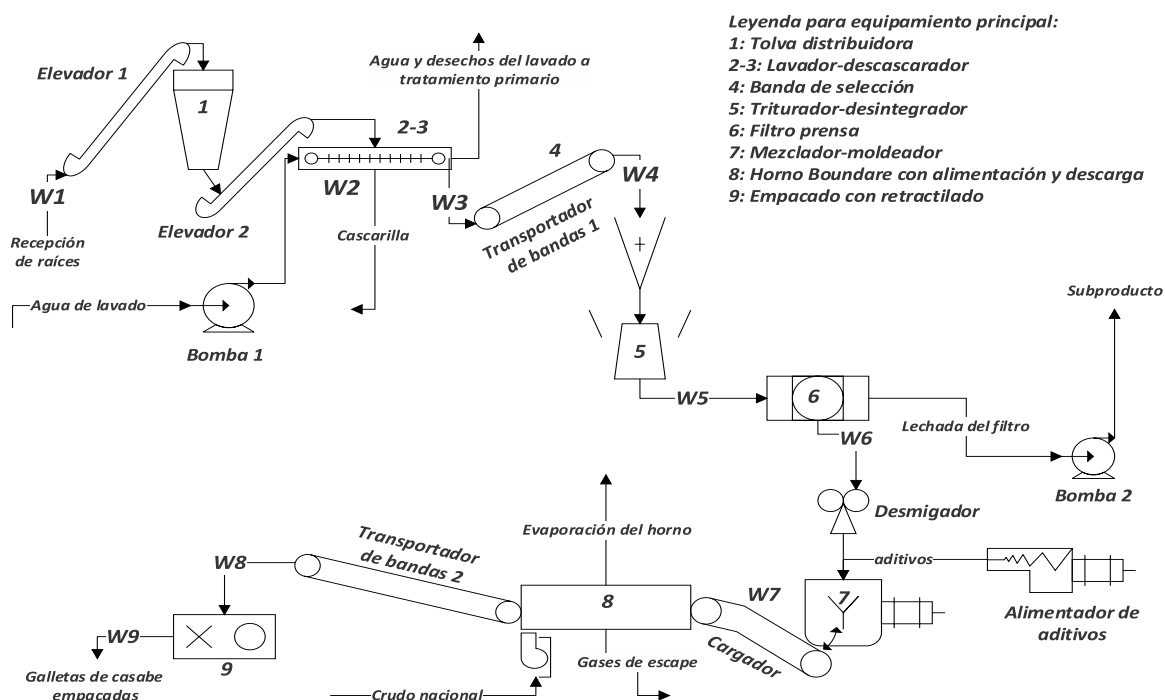


Fig. 1. Esquema tecnológico para la producción mecanizada de casabe
 Fuente: elaboración propia 2019

2.2. Balances de materiales y energía en la producción mecanizada de casabe

De acuerdo al esquema mostrado en la fig.1, se obtuvieron las expresiones del balance de materiales y energía para este proceso que permiten modelar el comportamiento del mismo para

diferentes capacidades productivas. Adicionalmente se consideraron los factores de entrada a los balances de acuerdo a las características del proceso y las variedades de tubérculo cosechadas con fines industriales en Cuba [6]. En la Tabla 1 se muestran los modelos de los balances de materiales y energía en la producción mecanizada de casabe.

Tabla 1. Modelación de los balances de materiales y energía en la producción mecanizada de casabe

Factores de entrada	Modelos de los balances
$FAL = 1,2 \text{ L/kg raíces}$	$AL = FAL \cdot W_1$
$x_{DL} = 0,04$	$W_2 = (1 - x_{DL}) \cdot W_1$
$x_{Casc.} = 0,06 \text{ kg casc./kg raíces}$	$W_3 = (1 - x_{Casc.}) \cdot W_2$
$x_{PRD} = 0,01$	$Casc. = x_{Casc.} \cdot W_2$
$x_{RD} = 0,01$	$W_4 = (1 - x_{PRD}) \cdot W_3$
$x_{RPT} = 0,01$	$RD = x_{RD} \cdot W_3$
$x_{torta} = 0,65 \text{ kg}_{ss}/\text{kg}_{torta}$	$W_5 = (1 - x_{RPT}) \cdot W_4$
$x_{rall} = 0,35 \text{ kg}_{ss}/\text{kg}_{torta}$	$RSR = x_{RPT} \cdot W_4$
$x_{aditivos} = 0,30 \text{ kg}_{aditivo}/\text{kg}_{rall}$	$W_6 = \frac{x_{torta} W_5}{x_{rall}}$
$x_{PM} = 0,01$	$RF = W_6 - W_5$
$x_{evapor} = 0,3 \text{ kg agua}/\text{kg } w_7$	$Aditivos = x_{aditivos} \cdot W_6$
$Cp_{W7} = 3 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$	$W_7 = (1 - x_{PM}) \cdot (W_6 + Aditivos)$
$T_{Homo} = 120 \text{ } ^\circ\text{C}$	$EH = x_{evapor} \cdot W_7$
$\lambda_{Homo} = 2201 \text{ kJ/kg}$	$W_8 = W_7 - EH$
$PC_{CN} = 44726 \text{ kJ/kg}$	$Q_h = W_7 \cdot Cp_{W7} \cdot (T_{Homo} - 25) + EH \cdot \lambda_{Homo}$
$x_{PE} = 0,05$	$CN = Q_h / PC_{CN}$
	$PE = x_{PE} \cdot W_8$
	$W_9 = W_8 - PE$

Fuente: elaboración propia 2019

2.3. Análisis técnico- económico para la producción mecanizada de casabe

Para este proceso, puede considerarse el precio de las raíces de yuca en las condiciones de un proyecto integrado con la producción agropecuaria o por compra a precios mayoristas [7]. Para uniformizar los resultados económicos, es adecuado considerar un precio internacional promedio de las raíces de yuca. Este ha sido definido en las condiciones de Paraguay en 0,04 USD/kg [25] y en las condiciones de Colombia en 0,07 USD/kg [21]. En el caso de Cuba, considerando los indicadores vigentes, se considera como 0,07 USD/kg [7].

El principal mercado actual de casabe está en Centro y Suramérica [26]. Sus precios tienen amplia variabilidad y como tendencia se han elevado considerablemente en los últimos años, hasta alrededor de 1,44 USD/kg, a consecuencia de múltiples factores que afectan la economía regional [27]. Por otro lado, la complejidad para potenciar un mercado cubano de casabe en dichas condiciones desventajosas de precio, determina la dificultad para el establecimiento del tamaño de

este proyecto [7]. Por ello se evalúa, como punto de partida, el punto de equilibrio entre costos e ingresos en función de la capacidad de tratamiento de raíces y para tamaños incrementados respecto a dicho valor, se determina el comportamiento de los indicadores dinámicos de rentabilidad, valor actual neto (VAN), período de recuperación al descontado (PRD) y tasa interna de retorno (TIR) en la sensibilidad del proyecto ante la incertidumbre en la demanda.

3. Resultados y discusiones

Variando la capacidad de tratamiento del tubérculo entre 0,4 y 1,6 $t_{\text{raíces/d}}$, a intervalos de 0,2 $t_{\text{raíces/d}}$, aplicando los modelos del balance de materiales y energía reflejados en la tabla 1 y determinando el comportamiento de los costos e ingresos en la tecnología mecanizada de casabe, mostrada en la Fig. 1, se determinó el punto de equilibrio entre costos e ingresos para este proceso que se muestra en la Fig. 2. Se aprecia que los ingresos superan los costos a partir de un tamaño de planta de 1 $t_{\text{raíces/d}}$. Dicha capacidad constituye el tamaño mínimo económico del proyecto y es el punto de partida para los análisis de sensibilidad considerando la incertidumbre en la demanda.

Como en las condiciones actuales se requiere una producción pequeña, que permita ir generando aceptación y consumo para trazar proyecciones de crecimiento, no es posible incrementar inicialmente el tamaño de manera considerable, por lo que la sensibilidad del comportamiento del proyecto ante el tamaño y los precios, es vital para una estrategia de desarrollo en base a la incertidumbre de la demanda.

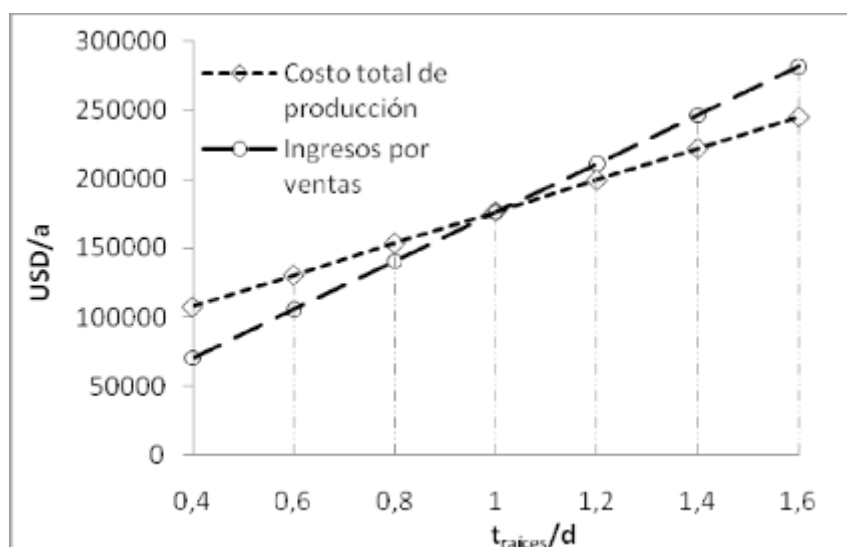


Fig. 2. Determinación del punto de equilibrio en la producción de casabe
Fuente: elaboración propia 2019

Atendiendo a ello, se consideró una alternativa básica, con un tamaño de planta superior en 40 % a la capacidad del punto de equilibrio y a los efectos de la sensibilidad del proyecto a la capacidad de procesamiento se consideraron además incrementos del 43 y 60 % de la capacidad respecto a la alternativa básica (2,0 y 2,25 $t_{\text{raíces/d}}$ respectivamente). En la Tabla 2 se resumen los resultados del balance de materiales y energía en dichas condiciones.

Tabla 2: Resultados de los balances de materiales y energía en la producción mecanizada de casabe para la alternativa básica 1,4 t_{raíces}/d y las capacidades de 2,0 y 2,25 t_{raíces}/d

Materia prima	W1 Raíces de yuca (t/d)	1,40	2,00	2,25
Requerimientos	Agua de uso tecnológico (m ³ /d)	2,10	3,00	3,375
	Aditivos (t/d)	0,2	0,286	0,321
	Combustibles rudo nacional (t/d)	0,02	0,028	0,032
Residuos	Raíces desechadas (t/d)	0,069	0,098	0,110
	Cascarilla (t/d)	0,081	0,115	0,130
	Agua de lavado (t/d)	1,68	2,400	2,700
	Lechada de filtración (m ³ /d)	0,571	0,816	0,918
Corrientes intermedias	W2 Raíces lavadas (kg/h)	168	240	270
	W3 Raíces descascaradas (kg/h)	157,9	225,6	253,8
	W4 Raíces seleccionadas (kg/h)	156,3	223,3	251,3
	W5 Raíces trituradas (kg/h)	154,8	221,1	248,7
	W6 Ralladura (kg/h)	86,3	119,1	133,9
	W7 Mezcla para hornear (kg/h)	107,3	153,2	172,4
	W8 Casabe horneado (kg/h)	75,1	107,26	120,7
	Producción	W9 Casabe (t/d)	0,571	0,815
W9 Miles de unidades de 50 g/d		11,42	16,3	18,34
Pérdidas del proceso (t/d)		0,055	0,079	0,089
Rendimiento base yuca (%)			26,47	

Fuente: elaboración propia 2019

Como resultado de la aplicación de los métodos de dimensionamiento del equipamiento combinados con los procedimientos de adaptación tecnológica se determinaron las dimensiones de los equipos principales y sistemas auxiliares. Dicho resultado se basa en la adaptación de la tecnología mecanizada de casabe, mostrada en la Fig. 1, a los parámetros de operación de una planta procesadora de variedades de yuca cubanas cosechadas con fines industriales, cumpliendo los requerimientos ambientales y con facilidades y servicios también adaptados, fundamentalmente en términos energéticos.

En la Tabla 3 se resumen las principales dimensiones del equipamiento principal para la alternativa básica, siendo las etapas principales del proceso el lavado-descascarado, la desintegración el filtrado y el horneado.

Tabla 3: Dimensiones del equipamiento principal para la producción mecanizada de Casabe a partir de 1,4 t raíces de yuca/d

Equipamiento principal	Parámetros de diseño	Resultados y unidades
Tolva	Volumen	1,90 (m ³)
	Diámetro	1,3 (m)
	Altura total	1,9 (m)
Transportadores de bandas	Longitud	6,8 (m)
	Carga	0,037 (kN/m)
	Velocidad lineal	0,635 (m/s)
	Potencia efectiva	0,27 (kW)
Lavador-descascarador	Velocidad lineal	0,35 (m/s)
	Volumen	1,5 (m ³)
	Velocidad del tambor	34 (rpm)
	Longitud	2 (m)

	Área sección	0,64 (m)
	Potencia	1,85 (kW)
Triturador-desintegrador	Velocidad del producto	0,3 (m/s)
	Índice de reducción por etapa	5-100
	Velocidad angular	588 (rpm)
	Potencia (por etapa)	0,5-1,2 (kW)
Filtro prensa	Espesor de la torta	12,5 (mm)
	Concentración sólidos	259 (kg/m ³)
	Área de filtración	17 (m ²)
Horno Boundare	Producción	1500 galletas/h
	Área de boundare	8,5 (m ²)
	Volumen del horno	18 (m ³)
Bombas centrífugas	Flujo carga	5,8·10 ⁻⁴ (m ³ /s)
		5,92 (m)
	Potencia (por unidad)	0,25 (kW)

Fuente: elaboración propia 2019

En la tabla 4 se muestran los resultados de la estimación del costo de equipamiento e inversión para la alternativa básica, observándose que para este proyecto se requiere un costo total de equipos de USD 52 037,15; con una inversión total de USD 138 939,20.

Tabla 4: Costo de equipos e inversión para procesar 1,4 t raíces de yuca/d

EQUIPOS	COSTO estimado (USD)
Tolva receptora	3 793,56
Transportadores de bandas	6 845,25
Lavador-descascarador	5 269,12
Trituradores	2 718,26
Filtro prensa	12 015,26
Mezclador aditivos	4 591,45
Horno	6 421,1
Empacado	8 082,6
Bomba de agua de lavado	2 300,22
Costo total equipamiento	52 037,15
Costo Directo	112 140,07
Costo Indirecto	16 391,70
Capital Fijo Invertido	128 531,77
Capital de trabajo	10 407,43
Costo de inversión total	138 939,20

Fuente: elaboración propia 2019

El costo total de producción y el ingreso por ventas, en diferentes escenarios de aprovechamiento de la capacidad durante el arranque, para la alternativa básica, se aprecia que al alcanzar el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada, el costo total de operación (en la tabla 5) es de 222 484,29 USD/a y los ingresos por ventas (en la tabla 6) son de 246 510,91 USD/a.

Tabla 5: Costo total para la producción mecanizada de casabe para procesar 1,4 t raíces de yuca/d

COSTOS	USD
Costos de fabricación	189 247,77
Costos variables	182 275,39
Materia prima	119 409,00
Mano de obra	29 610,00
Supervisión	4 441,50

Requerimientos	18 874,69
Agua	252,00
Electricidad	15 724,78
Energía crudo nacional	2 872,72
Mantenimiento y reparaciones	2 570,64
Suministros	128,53
Análisis de laboratorio	2 961,00
Patentes	4 280,02
Costos Fijos	13 624,35
Depreciación	8 483,10
Impuestos	5 141,25
Costos Externos	1 813,32
Costos externos	1 813,32
Gastos Generales	20 689,44
Costos administrativos	5 493,32
Distribución y ventas	4 280,02
Investigación y desarrollo	14 980,10
Costo de producción total	222 484,29

Fuente: elaboración propia 2019

Tabla 6: Uso capacidad instalada, producción e ingresos por ventas en la producción mecanizada de casabe para procesar 1,4 t_{raíces de yuca}/d

	Año 1	Año 2	A partir del Año 3
Aprovechamiento de la capacidad instalada	50 %	80%	100%
Costo total de Producción (USD /año)	112 242,15	177 987,43	222 484,29
Ingreso por ventas (USD/año)	123 255,45	197 208,72	246 510,91

Fuente: elaboración propia 2019

Los indicadores de rentabilidad muestran que la alternativa básica no ofrece resultados positivos, alcanzando un VAN de USD 54 223,53; TIR del 15% y PRD de 9,0 años. El comportamiento del perfil del VAN durante los años de explotación del proyecto se muestra en la fig. 3.

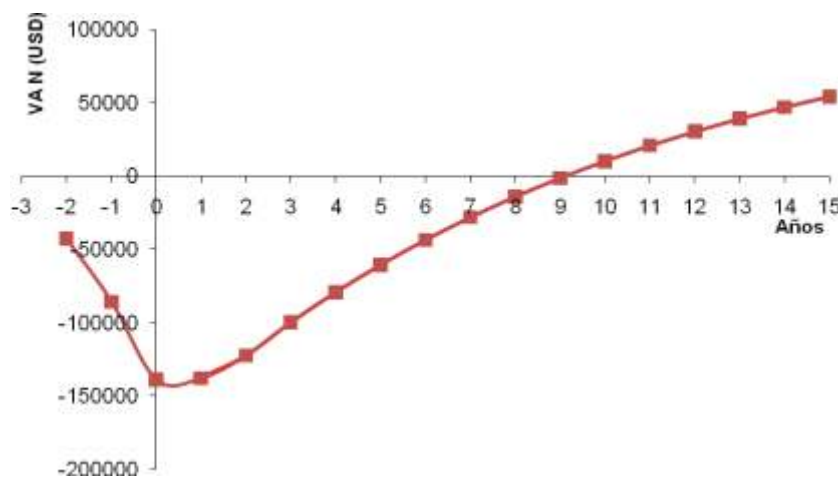


Fig. 3. VAN para los años de explotación de la alternativa básica en la producción mecanizada de casabe

En ella se evidencia que la velocidad de recuperación de la inversión en las condiciones de la alternativa básica es insuficiente, tanto por la dinámica financiera actual como por la incertidumbre en la demanda. Atendiendo a ello se

efectuó el análisis de la sensibilidad del proyecto al incremento de la capacidad de tratamiento de raíces y el precio de venta del casabe. En términos de capacidad se consideraron los incrementos de 43 y 60 % respecto a la alternativa básica cuyos balances de materiales y energía aparecen en la tabla 2 y en términos de precio de venta incrementos del 10 y el 15 % del precio actual del casabe. Los resultados del análisis de sensibilidad del proyecto se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Sensibilidad de la producción mecanizada de casabe a la capacidad de tratamiento de raíces, la inversión requerida y los precios del casabe y la yuca

Variación	Valor	VAN (USD)	TIR (%)	PRD (años)
Capacidad de tratamiento de raíces				
0	1,4 t/d	54 223,53	15	9,0
+ 43 %	2,0 t/d	269 265,56	30	4,5
+ 60 %	2,25 t/d	359 488,54	34	4,0
Precio de venta del casabe				
0	1,44 USD/kg	54 223,53	15	9,0
+10 %	1,58 USD/kg	209 220,23	28	4,7
+ 15 %	1,66 USD/kg	286 718,58	34	4,0

Fuente: elaboración propia 2019

Se aprecia que el proyecto alcanza resultados favorables en las condiciones extremas consideradas, logrando períodos de recuperación de 4 años. Las condiciones intermedias verifican la tendencia hacia la mejoría de los indicadores de rentabilidad. La fig. 4 muestra el perfil del VAN para una capacidad de procesamiento de 2,25 t raíces/d. En ella se evidencia que la velocidad de recuperación de la inversión en dichas condiciones responde de manera más adecuada a la dinámica financiera actual, pero la incertidumbre en la demanda obliga a efectuar análisis progresivos del comportamiento del mercado, para los cuales se necesita efectuar previamente producciones limitadas en las condiciones desventajosas anteriormente descritas.

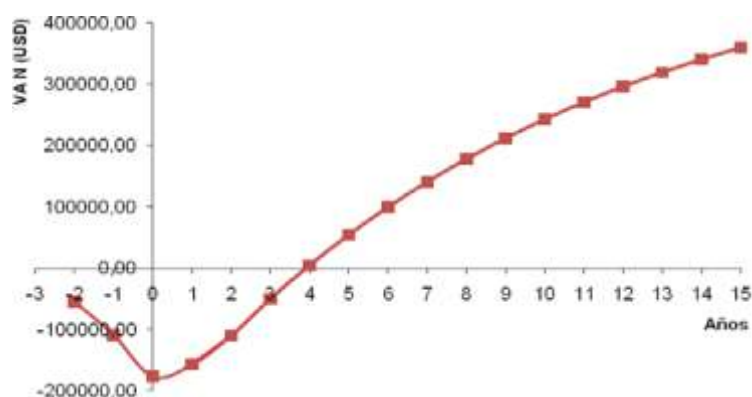


Fig. 4. VAN para los años de explotación en la producción mecanizada de casabe a 2,25 t raíces/d

Sin embargo, la producción combinada de los surtidos almidón, harina y casabe, descrita y desarrollada por Pérez [7], demuestra que pueden lograrse niveles productivos de casabe del orden de las 0,2 t/d en una instalación que procesa, de forma combinada; 9,6 t raíces/d, de las cuales destina

el 50 % a la producción de almidón, el 45 % a la producción de harina y el 5 % (alrededor de 0,5 $t_{\text{raíces}}/d$) a la producción de casabe, requiriendo una inversión total de 649 950 USD y alcanzando un VAN de USD 1 440 343,34 ; TIR del 37 % y PRD de 3,6 años.

4. Conclusiones

Atendiendo a los resultados alcanzados, es potencialmente factible la búsqueda y consolidación de mercados cubanos para este producto alimentario, tradicional y altamente energético; partiendo de los surtidos combinados como vía productiva inicial y efectiva, para la elaboración de casabe de altos estándares de calidad y seguridad.

Una vez que dichos mercados se encuentren consolidados y estudiados, una perspectiva técnico-económica importante para este surtido es la producción a escala intermedia de casabe en instalaciones de capacidad no menor a 2,25 $t_{\text{raíces}}/d$; que entregan como mínimo 0,917 t_{casabe}/d y que logran recuperar la inversión en un período menor a 4 años. La producción mecanizada de casabe se puede desarrollar también a partir de la tecnología combinada con el coproducto de mayor valor agregado: el almidón; a distribuciones de la disponibilidad de raíces favorables a la elaboración de casabe, de forma que se regule la producción al mercado y se aprovechen las facilidades de proceso de manera conjunta, integrando además el tratamiento de la lechada de los filtros a la producción de almidón.

Referencias

- [1] Real Academia de la lengua española. "Definición de casabè". Diccionariopanhispanico de dudas. 2005. [Internet]. Disponible en: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?key=casabe>. Consultado: Enero, 2019.
- [2] Bueno, A. "El casabe ayer y hoy. Un legado culinario indígena del Caribe y Amazonas". Tradiciones. 2015. [Internet]. Disponible en: http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2910/2/elaboracion_casabe.pdf. Consultado: Febrero, 2019.
- [3] Muñoz, J.L. "El Casabe: alimento de los aborígenes cubanos". Leyendas y Tradiciones. 2017. [Internet]. Disponible en: http://I:/El_Casabe_alimento_de_los_aborigenes_cubanos_-Crisol.htm.pdf. Consultado: Diciembre, 2018.
- [4] Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). Anuario Estadístico de Cuba. Sector agropecuario. indicadores seleccionados. Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social. 2017 [Internet]. Disponible en: <http://www.onei.cu/mensualprincipalesindicadoresagropecuario.htm>. Consultado: Enero, 2018.
- [5] Aguilera, V., Luciani, J. "Estudio sobre las variedades de yuca (Manihot esculenta, Crantz) utilizadas en la elaboración del casabe en la región de El Tigre edo. Anzoátegui". 1982. [Internet]. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/48222363>. Consultado: Enero, 2018.
- [6] Ochoa, M., Sardinias, L., Maza, N., Lima, M., Álvarez, M., Falco, A. S., Pérez, W., Hernández, G., Fraga, R. "Evaluación de harina y almidón de yuca obtenidos de diferentes clones". Cienc. Tecnol. Aliment, 24 (2), pp. 63-68. 2014.
- [7] Pérez, N. "Procedimiento estratégico de desarrollo de procesos agroindustriales complementado con asimilación tecnológica aplicado a los productos de Manihot esculenta Crantz". Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química. 2018.
- [8] Norma dominicana NORDOM 67: 27-002 (Anteproyecto). Hortalizas, tubérculos y raíces. Casabe. Requisito para la certificación. "Casabe de yuca amarga. Especificaciones legal-sanitarias y de calidad". 2009. [Internet]. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/dom110_t.pdf. Consultado: Diciembre, 2018.

- [9] Ley, N. "Contribución a los métodos de asimilar tecnologías, aplicado a un caso de producción de biocombustibles". Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química. 2006.
- [10] Oriol, J. Máquinas transportadoras. Conferencia de máquinas transportadoras. La Habana, Cuba. (1982)
- [11] Mazón, A. H. Equipamiento para la Industria alimentaria. La Habana. 1980
- [12] Rosabal, J., Valle, M. Hidrodinámica y Separaciones mecánicas. Tomo II. La Habana, ENPES. 1998.
- [13] McCabe, W. & Smith, J. Unit Operations of Chemical Engineering. La Habana, Instituto Cubano del Libro. Edición Revolucionaria. 1999.
- [14] Ministerio de Economía y Planificación (MEP) "Inversiones con fuentes renovables de energía. Plan 2017. Datos básicos para los estudios de factibilidad". 2017.
- [15] Peters, M., Timmerhaus, K. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. La Habana, Editorial Pueblo y Educación. 1968.
- [16] Almonte, N. Tecnificación y mecanización de la industria del casabe. 2009. [Internet]. Disponible en: http://F:/yuca/Materiales%20de%20Casabe/Casabe%20Guaraguano,%20C_%20por%20A_%20%20%20C2%A1El%20Dominicano%20m%20C3%A1s%20Saludable!.htm . Consultado: Diciembre, 2018.
- [17] Hernández, A. M. "Diseño de la línea de producción para la elaboración de la presentación de 155 gramos". Sartenejas, Universidad Simón Bolívar / Casabe Gourmet. 2012.
- [18] Torres, P., Rodríguez, J., Rojas, O. "Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica". Livestock Research for Rural Development, 17 (7). 2005
- [19] Silva, E., Ospina, B., Alonso, L. "Capítulo 25. Obtención industrial de harina de yuca por sistemas continuos" En: La yuca en el Tercer Milenio. 2001.
- [20] Gonzáles, L., Arévalo, S. "Fabricación de polvillo ácido a partir de almidón de yuca". Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, 1 (1), pp. 49-53. 2001.
- [21] ALARCÓN, F. & DUFOUR, D. Almidón Agrícola de Yuca en Colombia. Tomo I: Producción y Recomendaciones. Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1998.
- [22] Montoya, S., Ramírez, J. S. Industrialización de la Yuca. Obtención de almidones nativos y sus aplicaciones. Universidad del Valle. 2007. [Internet]. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/documentos/inustrializacion-yuca-270308.pdf>. Consultado: Diciembre, 2018.
- [23] OCDE-FAO "Perspectivas Agrícolas 2013-2022". Universidad Autónoma Chapingo. 2013. [Internet]. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es. Consultado: Octubre 2017.
- [24] Cartay, R. "Difusión y comercio de la yuca (Manihot Esculenta) en Venezuela y en el mundo". Agroalimentaria, 9 (18), pp. 68-82. 2004.
- [25] Fretes, F. Mandioca. Una opción industrial. Asunción. Paraguay, USAID. Programa Paraguay Vende. 2010.
- [26] González, P. R. "Precio del casabe aumentó 70 % durante primer trimestre de 2016". 2016. [Internet]. Disponible en: <https://prensalternativa.com.ve/2016/04/26/precio-del-casabe-aumento-70-primer-trimestre-2016/>. Consultado: Marzo 2018.
- [27] Reyes, S. G. "Precio del casabe se mantiene para la Semana Mayor". 2017 [Internet]. Disponible en: <http://elperiodicodemonagas.com.ve/ww/precio-del-casabe-se-mantiene-para-la-semana-mayor/>. Consultado: Marzo 2018.