

## ***ESTRATEGIA INNOVATIVA EN EL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA YUCA COMO OPORTUNIDAD DE NEGOCIOS***

### ***INNOVATIVE STRATEGY IN THE STUDY OF ALTERNATIVE OF YUCCA INDUSTRIALIZATION AS BUSINESS OPPORTUNITY***

*Omar Pérez Navarro<sup>1\*</sup>, Ana Celia de Armas Martínez<sup>1</sup>, Yenisleidy Martínez  
Martínez<sup>1</sup> y Amaury Pérez Martínez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Camagüey. Carretera Circunvalación Norte km 5½

Recibido: Junio 2, 2014; Revisado: Julio 14, 2014; Aceptado: Agosto 30, 2014

#### **RESUMEN**

Se realizó, con estilo innovativo, un estudio previo inversionista para la creación de plantas dedicadas al tratamiento industrial de yuca, que incluyó vigilancia tecnológica, selección de surtidos y variantes, identificación de procesos requeridos en cada variante y diseño tecnológico del equipamiento. Se seleccionaron como surtidos: harina, casabe y almidón. Los costos de adquisición del equipamiento se automatizaron a través de ecuaciones que relacionan al parámetro principal de diseño con la capacidad de trabajo de la instalación lo que permitió, con ayuda de los balances de materiales y energía, determinar los indicadores económico financieros del proyecto para las alternativas propuestas variando la capacidad de trabajo, lo cual constituye en el contexto cubano una novedad tecnológica. Por tamizado, se descartó el surtido Casabe en atención a su baja competitividad en el mercado nacional y se seleccionó una planta de harina con secado en trozos y en pastas, una de almidón por vía tradicional y una variante que combina los tres surtidos buscando insertar el coproducto almidón en estos esquemas para mejorar financieramente los proyectos. Con los indicadores de rentabilidad y sensibilidad de la inversión se recomendaron las alternativas tecnológicas y los volúmenes de producción de los productos acorde con las demandas del mercado.

**Palabras clave:** almidón, casabe, factibilidad, harina, tecnología, yuca.

Copyright © 2014. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

\* Autor para la correspondencia: Omar Pérez, Email: [omarpn@uclv.cu](mailto:omarpn@uclv.cu)

## **ABSTRACT**

Was carried out, with innovative style, a study previous investor for the creation of plants dedicated to the industrial treatment of yucca that included technological surveillance, selection of selections and variants, identification of processes required in each variant and technological design of the equipment. They were selected as selections: flour, cassava and starch. The costs of acquisition of the equipment were automated through equations that relate to the main parameter of design with the capacity of work of the installation what allowed, with the help of the balances of materials and energy, to determine the indicators economic financiers of the project for the alternatives proposals varying the work capacity, that which constitutes in the Cuban context a technological novelty. Had sifted, the selection cassava was discarded in attention to its low competitiveness in the national market and a plant of flour was selected with drying in pieces and in pastas, one of starch for traditional way and a variant that combines the three selections looking for to insert the co-product starch in these outlines to improve the projects financially. With the indicators of profitability and sensibility of the investment the technological alternatives and the volumes of production of the products chord were recommended with the demands of the market.

**Key words:** starch, cassava, feasibility, flour, technology, yucca

## **1. INTRODUCCIÓN**

Partiendo de la estrategia de desarrollo de la Empresa de Flora y Fauna de industrializar procesos a partir de productos agrícolas para incrementar el valor agregado de sus producciones, se realizó, con un estilo innovativo de trabajo, mediante un colectivo creado como fuerza de tarea conformado por especialistas de la empresa y docentes e investigadores de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV), un estudio previo inversionista para la creación de plantas dedicadas al tratamiento industrial de la yuca.

Se requirió identificar los posibles equipos involucrados en cada proceso y sus características generales con la peculiaridad de restringir el diseño a las posibilidades constructivas de la industria mecánica nacional. Como peculiaridad del trabajo se desarrolló en paralelo, por parte de una empresa especializada del Ministerio de la Agricultura, un estudio de las mejores condiciones agro-técnicas de producción de la yuca en un área seleccionada, lo que permitió estimar la disponibilidad de materias primas y producciones por surtidos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio previo inversionista incluyó como parte de la vigilancia tecnológica, la búsqueda de información referente al tema, especialmente sobre los posibles surtidos y sus aplicaciones en el mercado y la selección de variantes tecnológicas para obtenerlos. Se ejecutó el diseño tecnológico, previa identificación de los métodos y parámetros físico-químicos de las corrientes involucradas.

Como parte del análisis de las tecnologías se seleccionaron para explorar su pre factibilidad los surtidos: harina, casabe y almidón de yuca y las tecnologías más

prometedoras diferenciando las más costosas desde el punto de vista inversionista pero de mejores resultados técnicos, ponderando el criterio de que la mayor parte de los equipos y componentes puedan ser construidos en el país.

En el caso de la harina, se seleccionaron dos variantes, el secado en trozos y en pastas. El secado en trozos incluye (Gonzales y Arévalo, 2001), etapas de beneficio o preparación inicial hasta el picado en trozos de 3 a 5 mm, el secado en equipo rotatorio continuo, molinado en dos etapas y los procesos finales de empaque y almacenamiento. La etapa determinante es el secado, y en ella es necesario calentar el flujo de aire desde 25 hasta 100 °C por intercambio con gases de combustión de biomasa, solución energética que también fue desarrollada en paralelo al trabajo, incluido el diseño del intercambiador gas-gas y que es aplicada en todas las alternativas analizadas.

El secado en pasta tiene similar preparación inicial (Torres y col., 2005) diferenciándose solo por la trituración en dos etapas, entregando una pasta fina de 0.5 mm de diámetro seguida de secado en túnel del sólido colocado en bandejas sobre carritos operando de manera discontinua por la parte de la pasta de yuca con un tiempo de secado de 3 horas y 2 horas de operación para el descargue, limpieza y cargue. El secadero funciona continuamente para la fase aire caliente. Para la capacidad de trabajo seleccionada se requiere un secadero de 2,1x2,5x2,33m con dos carritos de dos filas de bandejas por piso y 37 pisos cada uno con 6 bandejas para un total de 197 bandejas. Los esquemas tecnológicos correspondientes a estas variantes se muestran en la figura 1.

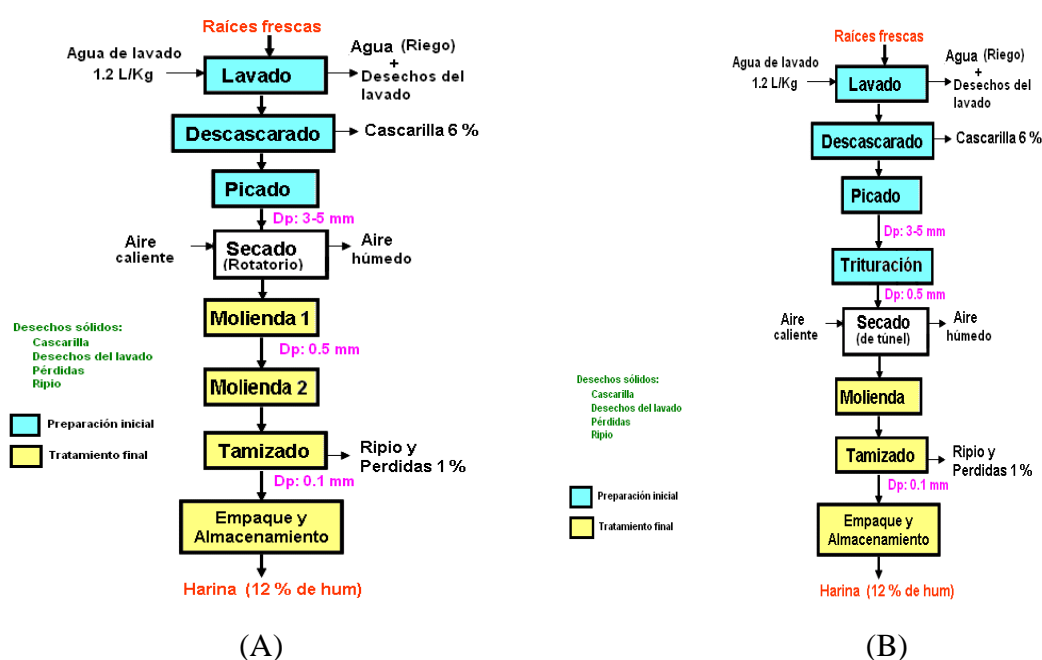


Figura 1. Esquemas tecnológicos para harina en trozos (A) y en pastas (B)

El proceso del almidón tiene etapas comunes al inicio y final del proceso respecto a la harina y su esquema tecnológico se muestra en la figura 2. Las etapas determinantes son la sedimentación que se efectúa en canales (Alarcón y Dufour, 1998) y el secado que se desarrollara en equipos de túnel con carritos (Cobana, y Antezara, 2007) semejantes a los del proceso de la harina en pasta. Para la capacidad de trabajo seleccionada se requiere 1 secadero de dos carritos con seis bandejas por piso y 37 pisos

para un total de 124 bandejas. Las dimensiones calculadas de este equipo son: 2,1x2,5x2,6m.

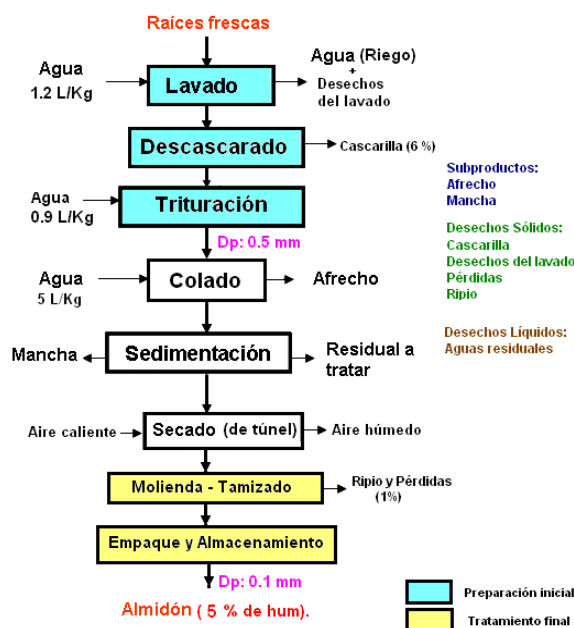


Figura 2. Esquema tecnológico para almidón vía tradicional

Otra alternativa analizada fue la producción de casabe, la misma se diferencia de las anteriores fundamentalmente en los requisitos de calidad puesto que el destino final es el consumo humano directo. Predicciones de mercado realizadas mostraron que a pesar de su tradición, sobre todo en la región oriental del país, no es actualmente un producto preferido en el mercado nacional por lo que su desarrollo para generar hábitos de consumo y un mercado estable, es un proceso paulatino, con niveles bajos de producción en una primera etapa y que por la características cianogénicas de la yuca requiere, como garantía, la implementación de sistemas de gestión de la inocuidad, por lo que en el tamizado inicial de variantes se decidió desecharla como un surtido único a causa de su baja competitividad, pero por el interés de la entidad inversionista en impulsar su presencia en el mercado nacional se estudió su inserción en esquemas combinados con bajos niveles de producción. El proceso del casabe, además de las etapas iniciales de beneficio, incluye filtrado de prensa, desmigado, mezclado con aditivos alimentarios y cocción por horneado como elementos fundamentales.

Mediante un sistema automatizado se determinaron los costos de adquisición para todas las variantes, a través de ecuaciones que relacionan al parámetro fundamental con la capacidad de trabajo de la instalación. Se determinó la inversión requerida y con apoyo de los balances de materiales y energía el resto de los indicadores económico financieros del proyecto para cada una de las alternativas propuestas, a saber: harina en trozos y en pastas, almidón y una variante que combina estos surtidos con el casabe buscando insertar el coproducto almidón como vía para mejorar la sustentabilidad financiera de los proyectos, cuyo esquema tecnológico se muestra en la figura 3.

Proceso tecnológico integrado y flexible.

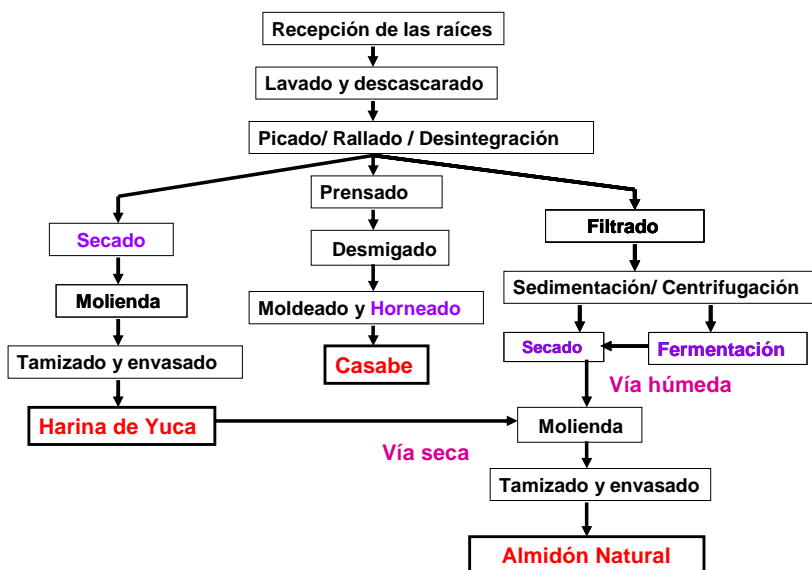


Figura 3. Esquema tecnológico de la variante combinada

Los indicadores de rentabilidad y la sensibilidad de la inversión al cambio de los principales parámetros de funcionamiento permitieron recomendar las alternativas tecnológicas de mejores resultados y los volúmenes de producción adecuados, acorde con las demandas del mercado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando jornadas de 16 horas diarias, para 300 días /año se efectuaron los balances de materiales y energía y el cálculo de los costos e indicadores económicos dinámicos para las variantes de surtido independientes, arrojando los resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla1. Resultados de los balances de materiales y energía, costos e indicadores económicos para los surtidos independientes

Aspecto	Harina		Almidón vía tradicional
	en trozos	en pasta	
Raíces de yuca (Ton/día)	5	5	5
Producción (Ton/Día)	1,7	1,7	1,23
Agua total (m <sup>3</sup> /día)	6	6	35,5
Subproductos para alimentación porcina (Ton/día)	--	--	0,45 (Afrecho) 0,2 (Mancha)
Desechos sólidos (Ton/día)	0,465	0,45	0,4
Residual a tratar (m <sup>3</sup> /día)	--	--	27,3
Residual para riego (m <sup>3</sup> /día)	6	6	8,2
Energía calórica (GJ/día)	13,65	13,85	9,0
Costo de equipamiento (\$)	37 100	52 800	57 500

Inversión total requerida (\$)	110 000	157 100	170 500
Rango de la Inversión (\$)	98700 a 130300	140400 a 242300	153000 a 202000
Costos de producción (\$/año)	153 300	172 600	190 100
Ingresos por ventas (\$/año)	183 300	180 500	314 000
Ganancia (\$/año)	30 000	7900	123 900
VAN (\$)	151 100	40 000	629 300
TIR (%)	20	-	56
PRD (años)	4,5	> 10	2,2

Precios por referencias internacionales: QuimiNet.com, 2013: 0,35 USD/Kg de harina, 0,83USD/Kg de almidón, 0,08 \$/Kg de yuca.

A pesar de que ninguna de las dos variantes para la harina ofrece clara rentabilidad, en estas condiciones, la alternativa de secado en trozos ofrece resultados superiores por lo cual se desechó la variante de secado en pastas. Asimismo la variante de almidón independiente ofrece buenos resultados de rentabilidad puesto que el incremento de inversión y costos de operación entre estas variantes es menos marcado que la mejora del precio del almidón respecto a la harina.

Aplicando el sistema automatizado para el cálculo de los costos del equipamiento en función de la capacidad de la instalación, desarrollado en el trabajo, y los balances de materiales y energía se determinó la sensibilidad de la inversión para las variantes harina en trozos y almidón, mostrada en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados del análisis de sensibilidad de la inversión para las variantes independientes

%	<i>harina en trozos</i>				<i>almidón</i>			
	(\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)	(\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)
<i>Sensibilidad a la variación de la inversión inicial considerando la construcción de la mayor parte de equipos y componentes en el país</i>								
+25	137 300	90 100	3	8,5	213 100	618 500	45	2,5
0	109 900	151 100	20	4,5	170 500	629 300	56	2,2
-25	82 400	212 000	40	2,6	127 900	640 000	74	1,8
<i>Sensibilidad a la variación del precio de venta considerando referencias internacionales</i>								
	(\$/kg <sub>harina</sub> )	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)	(\$/kg <sub>almidón</sub> )	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)
+10	0,39	251 100	35	3,0	0,91	784 200	68	1,8
0	0,35	151 100	20	4,5	0,83	629 300	56	2,2
-10	0,32	66 200	2	9,2	0,75	474 400	43	2,6
<i>Sensibilidad a la variación de la disponibilidad diaria de raíces de yuca considerando como base la producción estimada del área seleccionada</i>								
	(kg <sub>yuca/d</sub> )	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)	(kg <sub>yuca/d</sub> )	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)
+25	7,5	198 300	28	3,5	6,25	776 900	68	1,8

0	5,0	151 100	20	4,5	5,0	629 300	56	2,2
-25	2,5	119 000	14	5,5	3.75	481 700	44	2,6

Puede apreciarse la robustez de la variante de almidón ante el deterioro de los parámetros que determinan la efectividad de la inversión, efecto que contrasta con el comportamiento muy sensible de la harina en trozos. Un resultado similar se observa incrementando el intervalo de variabilidad de los parámetros, mostrando que la producción de harina en trozos solo se hace financieramente sustentable bajo una de las premisas siguientes:

- ✓ Reducir la inversión real respecto a la estimada en un 35 % (desde \$110 000 hasta \$71 400).
- ✓ Lograr posicionar el producto a un precio de venta de 460 \$/Ton (superior en un 30 % a la cotización internacional).
- ✓ Producir la yuca a un precio de 0,05 \$/kg (30 % inferior a valores internacionales).
- ✓ Incrementar la disponibilidad de yuca hasta 12,5 Ton/día (175 % superior al estimado para el área seleccionada de 5 Ton/día).

En atención a esto, un análisis de los indicadores económicos para la variante combinada, mostró, como era de esperar, que al estimado de disponibilidad de materia prima no se logra ni en las condiciones de un proceso combinado una efectividad aceptable para los procesos en que intervienen el casabe y la harina. Sin embargo si se incrementa la disponibilidad de yuca hasta 7 Ton/día se logra un proceso combinado con la distribución de raíces al 10 % para casabe, 40 % para Harina y 50 % para almidón, cuya inversión puede recuperarse en 2,5 años, resultado que puede mejorar hasta 1,8 años con una disponibilidad de yuca de 10 Ton/ día. Este análisis se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resultados de los indicadores económicos para la mejor combinación de surtidos utilizando 7 y 10 Ton/día

<i>Distribución de las raíces de yuca: 10 % casabe/ 40 % harina/ 50 % almidón</i>	<i>7 Ton /día</i>	<i>10 Ton/día</i>
Costo de equipamiento (\$)	150 700	162 300
Inversión total requerida (\$)	446 700	481 200
Rango de la Inversión (\$)	400 100 a 529 000	431 700 a 570 000
Costos de producción (\$/año)	368 000	447 200
Ingresos por ventas (\$/año)	620 600	886 600
Producción: (Ton/día):		
almidón:	1,30	1,86
harina:	0,97	1,40
casabe:	0,40	0,58
Ganancia (\$/año)	252 600	439 400
VAN (\$)	1 274 600	2 216 000
TIR (%)	44	68
PRD (años)	2,5	1,8

#### **4. CONCLUSIONES**

El enfoque innovativo empleado en el trabajo, con el propósito de efectuar el análisis técnico económico de alternativas de industrialización de la yuca, como un incremento de las oportunidades de negocios entre el sector empresarial y los centros dedicados a la investigación científico técnica, posibilitó la flexibilidad requerida en el análisis y la confiabilidad de los resultados, permitiendo proponer que:

1. La producción de harina, por la vía de secado en trozos, para una planta construida en el país, que procese 5 Ton de yuca /d., requiere una inversión total de \$110 000 que con un período de recuperación de 4,5 años no muestra resultados financieros alentadores.
2. Para producir harina con adecuada rentabilidad se requiere incrementar considerablemente la eficiencia del proceso agrícola e inversionista o modificaciones del escenario actual de precios.
3. La sustentabilidad de la variante de casabe, solo o combinado con harina, debe ser estudiada relacionando el mercado y los precios.
4. La producción de almidón es una alternativa factible para la planta tradicional, cuyos equipos pueden construirse totalmente en el país, con una inversión total de 170 500 \$ para procesar 5 ton de yuca/día, que puede recuperarse en 2,2 años con adecuada resistencia al deterioro de los parámetros del proyecto.
5. La combinación de los surtidos menos rentables con el almidón como coproducto de alto valor agregado mejora la sustentabilidad del proyecto si se incrementa la disponibilidad de yuca hasta 7 Ton/día, requiriéndose una inversión total de \$446 700 que puede recuperarse en 2,5 años para las proporciones 10 % de yuca para casabe, 40 % para harina y 50 % para almidón.

#### **REFERENCIAS**

- Alarcón, M., y Dufour, D., Almidón agrario de yuca en Colombia. Tomo I. Producción y Recomendaciones. Publicación CIAT. No 268. Dic., 1998, pp. 16-34.
- Cobana, M., y Antezara., R., Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. Revista Boliviana de Química, Vol. 24, No 1, 2007, pp. 77-83.
- Gonzales, L., y Arévalo, S., Fabricación de polvillo ácido a partir de almidón de yuca., Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, Vol. 1, No 1, 2001, pp. 49-53.
- Montoya, S. Industrialización de la Yuca. Obtención de almidones nativos y sus aplicaciones., Tecnología de los alimentos, Universidad del Valle, 2007, pp. 12-21.
- [www.Quiminet.com](http://www.Quiminet.com) Página web de precios de almidón de yuca. Consulta on line, Enero, 15, 2014.
- Torres, P., Rodríguez, T., y Rojas, O., Extracción de almidón de yuca. Manejo integral de la contaminación hídrica, Livestock Research for rural development, Vol. 17, No. 7, Julio, 2005.