**ESTRATEGIA Y TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVOS PROCESOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS**

**Efecto del pago de la caña en la calidad del azúcar y en la eficiencia inversionista.**

***Effect of the payment of the cane in the quality of the sugar and in the investment efficiency.***

Dr.Cs. Erenio González Suarez, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. Email:erenioo@uclv.edu.cu

Ing. Félix Hernández, Cuba, Grupo Empresarial AZCUBA, Villa Clara, Cuba felix.hernandez@eavc.azcuba.cu

Ing. Meliza Ruano Borney, Empresa Azucarera “Panchito Gómez Toro”, Email: mruano@uclv.cu

De la Cruz3, L. Empresa Azucarera “Panchito Gómez Toro”, Email: leidysdelacruz@panchito.azcuba.cu

**Resumen:**

* **Problemática:** Se requiere cuantificar el efecto del pago de la calidad de la caña, medida por los resultados obtenidos en el laboratorio, en la economía de la empresa.
* **Objetivo(s):** Evaluar el impacto de calidad la caña en la calidad del azúcar, así como en las ganancias en una inversión de una planta de Levadura Torula que se instale con el propósito de incrementar la disponibilidad del bagazo .
* **Metodología:** Mediante la modelación matricial del proceso tecnológico de producción de azúcar utilizando los modelos estadístico de cada etapa del proceso se logró un modelo que pronostica el efecto de la calidad de la caña y el por ciento de extracción del jugo de los filtros en la calidad del azúcar producido y en los beneficios económicos de las inversiones
* **Resultados y discusión:** Al aumentar la calidad de la caña además de aumentar la de producción de azúcar, aumentaran las ganancias **generadas por la planta de levadura torula.**
* **Conclusiones:** La aplicación del análisis estadístico, de datos de control, permite mediante agregación matricial obtener un modelo global del proceso y estimar el impacto de la calidad de la caña en la calidad y cantidad de azúcar producida.

Es factible el pago de la caña a los productores por su calidad siendo evidente que el incremento en las ganancias de la planta de levadura y del central azucarero (1604101.69 USD/año) supera grandemente el incremento en pago de la caña (447210.44 USD/año).

**Palabras clave: Caña, Calidad, Inversiones, Pago**

**Summary:**

**• Problematic**: It is required to quantify the effect of the payment of the quality of the cane, measured by the results obtained in the laboratory, on the economy of the company.

**• Objective (s):** To evaluate the impact of the quality of the cane on the quality of the sugar, as well as on the profits in an investment of a Torula Yeast plant that is installed with the purpose of increasing the availability of bagasse.

**• Methodology**: Through the matrix modeling of the technological sugar production process using the statistical models of each stage of the process, a model was achieved that predicts the effect of the quality of the cane and the percentage of extraction of the juice from the filters in the quality of the sugar produced and the economic benefits of investments

**• Results and discussion:** By increasing the quality of the cane in addition to increasing the production of sugar, the profits generated by the torula yeast plant will increase.

**• Conclusions:** The application of statistical analysis, of control data, allows by means of matrix aggregation to obtain a global model of the process and to estimate the impact of cane quality on the quality and quantity of sugar produced.

It is feasible to pay the producers for their quality of cane, being evident that the increase in the profits of the yeast plant and the sugar mill (1604 101.69 USD / year) greatly exceeds the increase in payment of the cane (447 210.44 USD / year **).**

**Keywords: Sugarcane, Quality, Investments, Payment**

**1. Introducción**

El Central Azucarero Panchito Gómez Toro se ha caracterizado por su excelente calidad en el producto final.

 Para mejorar aún más dicho producto se implementa una nueva forma de pago a los productores por su materia prima caña, pagando así según la calidad de la misma por los resultados obtenidos, de su caracterización, en el laboratorio de caña, lo cual viene dado a partir del cálculo del RPC. Se estima que traería disimiles resultados positivos para la calidad del azúcar crudo operar con una caña de alta calidad y al igual que para la propuesta de inversión de la planta de levadura torula, siendo el propósito de este estudio determinar cuantitativamente este efecto y sus implicaciones económicas incluso en nuevas inversiones.

Se utiliza el procedimiento de regresión lineal múltiple con apoyo del software Statgraphics para llegar a modelos finales de cada una de las etapa del proceso a partir de datos tomados directamente de los laboratorios y con un modelo global agregado del proceso tecnológico, evaluar el impacto de calidad la caña en la calidad del azúcar final, así como en las ganancias en una inversión de una planta de torula que permita extraer e un por ciento del jugo de los filtros liberando bagazo para el aseguramiento energético de p la propia instalación o de otras a las que se hagan tributos desde la instalación estudiada

**2. Metodología**

Mediante los métodos de modelación matricial del proceso tecnológico de producción de azúcar, utilizando la agregación de los modelos estadístico de cada etapa del proceso (Kafarov, 1976) (González, 1982) se logró un modelo del proceso global que pronostica el efecto de la calidad de la caña y el de diferentes por ciento de extracción del jugo de los filtros en la calidad del azúcar producido y en los beneficios económicos de las inversiones.

El precio de la caña se calcula a partir del RPC el cual es el rendimiento por caña que tiene la siguiente formula: (Resolución 170-SPCC, 2020)

$$RPC=\frac{2}{3}\*pol caña\*\left(1-\frac{fibra caña+6.5}{100}\right)-\frac{1}{2}\*bx caña\*\left(1-\frac{fibra caña+3}{100}\right)$$

En la sonda se mide el RPC, el cual es el rendimiento por caña. Primero se mide el RPC de la caña cuando viene fresca del campo, después esta se traslada al centro de limpieza para eliminar la materia extraña, luego entra a fábrica y con el jugo del primer molino se realiza otro RPC y se compara con el RPC que se realizó anteriormente en la sonda.

El resultado debe ser siempre mayor el RPC que se realizó en la sonda porque la caña tenia mayor frescura, pues al pasar al centro de limpieza para eliminar las materias extrañas esa caña perdió frescura y calidad pues depende del tiempo en que se demoró allí para eliminar las materias extrañas y después que es trasladada otra vez a la fábrica depende del turno que le toque al camión o al vagón del ferrocarril descargar la caña en el basculador, todo ello unido al sol que puede haber estado expuesta lo cual también va deteriorándola, todos estos factores influyen en que el RPC del jugo del primer molino sea menor que el de la sonda y todo ello influye en los parámetros del proceso, ya que al perder calidad la caña en ocasiones los valores de las variables operacionales no van a ser los esperados.

**Datos disponibles utilizados**

Se realiza un análisis para evidenciar la calidad del azúcar crudo al utilizar caña de alta calidad, utilizando datos de Bx y Pol de las diferentes variables del proceso, según los datos disponibles de control del proceso (Panchito Gómez, 2021):

Tabla 1: Etapas del proceso de obtención de azúcar crudo con sus principales variables operacionales.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Etapas  | Variables independientes | Variables dependientes |
| Preparación de la caña | Bx caña | Bx jugo mezclado |
|   | Pol caña | Pol jugo mezclado |
| Molienda | Bx jugo mezclado | Bx jugo claro |
|   | Pol jugo mezclado | Pol jugo claro |
| Purificación del jugo | Bx jugo claro | Bx meladura |
|   | Pol jugo claro | Pol meladura |
| Evaporación del jugo | Bx meladura | Bx masa A |
|   | Pol meladura | Pol masa A |
|   |   | Dextrana |
| Cristalización y cocción | Bx masa A | PolHumedadColor ICUMSA |
|   | Pol masa A | Part. Ferromag. |
|   |   |  |

**3. Resultados y discusión**

Modelo global por el método matricial

Modelo de azúcar crudo en función de la caña de azúcar utilizando el método de agregación matricial de las etapas del proceso (Kafarov, 1976) validado para la industria cubana por (González, 1982)

$$\left[\begin{array}{c}Dextrana\\Pol\\Humedad\\Color ICUMSA\\Part. ferromag.\end{array}\right]\left[\begin{array}{c}144.0907 \\99.4023\\0.1338\\1708.2271\\2.0158\end{array}    \begin{array}{c}2.7756\\-0.003657\\0.00163\\-8.789\\0.025609\end{array}    \begin{array}{c}  2.6555\\-0.00523\\-0.00025\\0.4919\\0.0376\end{array}\right]\left[\begin{array}{c}1\\Brix de caña\\Pol de caña\end{array}\right]$$

Tabla 2: Análisis de los parámetros del azúcar crudo con diferentes calidades de caña.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parámetro | Norma\* | con caña calidad normal | con caña alta calidad |
| Dextrana | máx. 200 | 263.7601 | 262.38113 |
| Pol | mín. 99 | 99.21094 | 99.2127562 |
| Humedad | máx. 0.20 | 0.169013 | 0.168055 |
| Color ICUMSA | Máx. 1500 | 1501.645 | 1506.863474 |
| Part. Ferromag. | Ppm máx. 6 | 3.37515 | 3.362112 |

\*Norma Cubana No. 85, 2013

Tabla 3: Precio de la caña con diferentes calidades.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parámetros | Norma | Caña calidad normal | Caña calidad alta |
| Bx Caña | 18-25 | 18.8 | 24 |
| Pol Caña | 17-20 | 16.75 | 19.46 |
| Fibra Caña | 13-16 | 13.20 | 16 |
| RPC | mín 12.30 | 12.30 | 12.90 |
| Precio | ~494.44 | 496.15 | 520.52 |

Tabla 4: Ganancias en el proceso de obtención de azúcar crudo.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Calidad de la caña | % de extracción | Azúcar crudo(t/año) | Azúcar crudo(USD/año) |
| Normal | sin extracción | 37214.19 | 8807358.3 |
| 20 | 36140.13 | 8553164.1 |
| 40 | 35064.54 | 8298607.8 |
| 60 | 33990.48 | 8044413.6 |
| Alta | sin extracción | 43067.97 | 10192752.9 |
| 20 | 41824.08 | 9898365.6 |
| 40 | 40580.19 | 9603978.3 |
| 60 | 39336.3 | 9309591 |

Tabla 5: Etapas operacionales del proceso de obtención de azúcar crudo en función a la miel final.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Etapas  | Variables independientes | Variables dependientes |
| Preparación de la caña | Bx caña | Bx jugo mezclado |
|   | Pol caña | Pol jugo mezclado |
| Molienda | Bx jugo mezclado | Bx jugo claro |
|   | Pol jugo mezclado | Pol jugo claro |
| Purificación del jugo | Bx jugo claro | Bx meladura |
|   | Pol jugo claro | Pol meladura |
| Evaporación del jugo | Bx meladura | Bx masa C |
|   | Pol meladura | Pol masa C |
|   |   |  |
| Cristalización y cocción | Bx masa C | Bx Miel Final |
|   | Pol masa C | Pol Miel Final |
|  |  |  |

**Tratamiento estadístico**

Para obtener los modelos que correlacionan las variables dependientes con las independientes se utilizó el programa Statgraphics (2007), el modelo global se obtuvo agregando los modelos de cada etapa.

Modelo global por el método de agregación matricial

Modelo de Miel Final en función de la caña de azúcar

$$\left[\begin{matrix}Bx MF\\Pol MF\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}106.1059 -0.4403 -0.2418\\42.9201 -0.1824 -0.0959\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}1\\Bx Caña\\Pol Caña\end{matrix}\right]$$

En la siguiente tabla se muestra el Bx de la miel final utilizado en los balances de materiales de la planta de levadura y el Bx obtenido a partir de los modelos de regresión con una caña de alta calidad: (Norma Cubana 85, 2013)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parámetros | Norma | Bx utilizado | Bx obtenido |
| Bx Miel Final | 89-90 °Bx | 89 | 90.85 |

Todo lo anteriormente expuesto evidencia que al aumentar la calidad de la caña aumentan los niveles de producción de azúcar por lo que el central azucarero obtendrá ganancias al vender más cantidad de la misma, tomando como base que la zafra dura 153 días aproximadamente y que la tonelada de azúcar tiene un precio de 236.67 USD.

Al aumentar la calidad de la caña aumenta el Brix de la miel final y por ende van a aumentar las ganancias generadas por la planta de levadura torula pues se va a necesitar menos miel para la misma.

Efecto del pago de la caña en la inversión de la planta de levadura torula.

La planta de levadura torula obtendrá cuantiosas ganancias si se emplea una caña de alta calidad en el proceso de azúcar crudo para la obtención de la miel final que necesita como principal materia prima, lo que demuestra el pago de la caña según la calidad de la misma.

Tabla 6: Ganancias finales de la planta de levadura torula.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| °Bx | % de extracción | Miel requerida para la planta de levadura(t/año) | Ganancias finales de la planta de levadura(USD/año) |
| 89 | 20 | 27797.2 | 2686108.699 |
| 40 | 40607.5 | 3941330.71 |
| 60 | 60911.25 | 5742146.001 |
| 90.85 | 20 | 27232.02 | 2720019.499 |
| 40 | 39780.09 | 3990975.31 |
| 60 | 59670.43 | 5816595.201 |

Para el cálculo de las ganancias finales de levadura torula se utilizó la siguiente formula:

$$Gan. finales\left(USD\right)=\left\{gan. venta levadura\left(USD\right)+bag. sobrant\left(USD\right)\right\}-\left\{perd. azúcar\left(USD\right)+perd.MF\left(USD\right)+MF falta(USD)\right\}$$

Las ganancias finales son significativas en relación al precio pagado por la caña según su calidad:

**Tabla** 7: Relación entre el incremento de las ganancias finales y el pago de la caña con calidades diferentes de la misma.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| % de extracción | Incremento en ganancias finales(USD/año) | Incremento en pago de la caña(USD/año) |
| sin extracción | 1385394.6 | 447210.4412 |
| 20 | 1604101.69 | 447210.4412 |
| 40 | 1605704.042 | 447210.4412 |
| 60 | 1752073.996 | 447210.4412 |

Figura I: Análisis económico de las ganancias finales.

**4. Conclusiones**

**1.** Al utilizar una caña de alta calidad se generan 1604101.69 USD/año con un 20% de extracción de jugo de los filtros como ganancias finales que incluye la planta de levadura y el central azucarero.

2. Mediante la aplicación del análisis estadístico de datos del proceso es factible obtener modelos de las diferentes etapas con apoyo de un software estadístico que permitió mediante agregación matricial obtener un modelo global del sistema.

3. Se demostró la factibilidad del pago de la caña a los productores por su calidad al ver reflejado que el incremento en las ganancias de la planta de levadura y del central azucarero (1604101.69 USD/año) supera grandemente el incremento en pago de la caña (447210.44 USD/año).

**5. Referencias bibliográficas**

**1.** Central Azucarero Panchito Gómez Toro (202§1) Datos de Control del laboratorio

2. González Suarez, E. (1882). Modelación y optimización de un proceso tecnológico para la obtención de cartón para ondular; Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias Técnicas; UCLV.

3. Kafarov V. V. (1976). Cybernetic methods e in chemistry and Chemical Engineering. Editorial MIR, Moscow.

4. Norma Cubana No. 85, (2013). Azúcar Crudo. Especificaciones.

5. Resolución No. 170 sobre el Sistema de Precios por Calidad de la Caña (SPCC), 28 de octubre de 2020.

6. Software Statgraphics Centurion XV, (1982-2007) versión 15.2.06.