

Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

JULIO · SEPTIEMBRE

2023



www.atagua.org



05 NOV
Interplaza
Escuintla
8:00 HORAS



Con el apoyo de:

interplaza
Escuintla

CARRERA
DEL **AZÚCAR** 2023
36 edición

ENTREGA DE KIT
4 de noviembre

Plaza Financiera
Interplaza Escuintla
9:00 a 17:00 horas



*Las fechas anunciadas previamente quedan canceladas,
esta será la única fecha para la entrega de kits.*

¡Agradecemos su comprensión!

10.5 K

Artículo de Campo 04

Análisis de rutas (Path Analysis) y de variables latentes para el agrupamiento y ponderación de las variables de caracterización en caña de azúcar con fines de mejora genética.

Artículo de Fábrica 14

Reutilización de absorbente: una nueva práctica para mejorar la eficiencia de una refinería

Congreso ATACA - ATAGUA '23 23

C
O
N
T
E
N
I
D
O

JUNTA DIRECTIVA

Dr. José Gerardo Espinoza Cengicaña	Presidente
Ing. Abimael Marino López Ingenio Pantaleón	Vicepresidente
Ing. César Amilcar Martínez Ingenio La Unión	Tesorero
Ing. Ivan Aguirre Ingenio Madre Tierra	Profesorero
Licda. Nancy Jeissel Monroy Ingenio Trinidad	Secretaría
Ing. Christian Omar Rodríguez Ingenio Trinidad	Prosecretario
Ing. Alejandro Velásquez	Vocal I
Ing. Marco Tax ICC	Vocal II
Ing. Luis Guillermo González Ingenio La Unión	Vocal III (suplente)
Ing. Pavel Enrique Roulet Ingenio Santa Ana	Vocal IV (suplente)
Ing. Luis Reyes ICC	Vocal V (suplente)

Estimado socio:

Estamos sumamente satisfechos del éxito obtenido en la realización del XXII Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica y el XV Congreso de Técnicos Azucareros de Guatemala ATACA-ATAGUA 2023.

Sumando los esfuerzos de la Junta Directiva, personal administrativo y los ingenios nacionales que participaron activamente en la organización de este congreso, se demuestra una vez más que Guatemala va a la vanguardia de la tecnología e innovación, dispuestos a enfrentar los desafíos del futuro, siendo un país productivo y siempre dispuesto a compartir nuevas experiencias.

Se contó con la participación de más de 480 profesionales de 19 países, expositores nacionales e internacionales, así como diversos proveedores del gremio azucarero.

Las 60 conferencias técnicas expuestas fueron de gran aporte a los asistentes ya que los temas estaban enfocados a la sostenibilidad, innovación, tecnología y la competitividad.

Los buenos comentarios y felicitaciones recibidas de parte de muchos participantes y casas comerciales de la buena organización y el nivel técnico de las conferencias dejan una gran satisfacción en nuestra Junta Directiva. En conclusión, podemos decir "misión cumplida" esperamos que todo lo aprendido sea puesto en práctica para mejorar los procesos en los diferentes puestos de trabajo de cada uno de los participantes.

Agradecemos a los ingenios que participaron en la organización de los giras, a los proveedores y a todas las personas que apoyaron en la organización.

En esta edición les presentamos los siguientes artículos técnicos:

- *Análisis de rutas (path analysis) y de variables latentes para el agrupamiento y ponderación de las variables de caracterización en caña de azúcar con fines de mejora genética.*
- *Reutilización de absorbente: una nueva práctica para mejorar la eficiencia de una refinería.*

Como presidente de esta asociación agradezco a cada uno de los asociados e ingenios por estar atentos a nuestras actividades y participar activamente, así como a los patrocinadores que fielmente apoyan cada uno de los eventos.



Foto Portada:

Inauguración Congreso ATACA-ATAGUA 2023
Fotografía propiedad de ATAGUA

Km. 92.5 Carretera al Pacífico
Sta. Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla · Guatemala

(502) 5517-3978 / (502) 4295-4828

adminatagua@cengican.org

secretatagua@cengican.org

Análisis de rutas (Path Analysis) y de variables latentes para el agrupamiento y ponderación de las variables de caracterización en caña de azúcar con fines de mejora genética.

Por:
Dr. Fredy Rosales-Longo
Fitomejorador en CENGICAÑA hasta diciembre del 2019



- Corcho
- Brix
- Brixlap
- Tah
- Lavaan
- Path
- Pol

INTRODUCCIÓN

El estudio del agrupamiento e importancia de los caracteres implicados en la valoración fenotípica de la caña de azúcar ha sido estudiado mediante varias técnicas (Miller, James, & Lyrene, 1978); (Ong'ala, Mwanga, & Ouani, 2016); (Rosales-Longo, 2017). Conocer las rutas del agrupamiento y ponderación de los caracteres en estudio, es de utilidad por cuanto que contribuye con la comprensión de la variación cuantitativa en caña de azúcar y en consecuencia ayuda a mejorar el trabajo de selección. Esto, además, permite identificar los genotipos que presenten los mejores valores genéticos, como producto de la aplicación, según su importancia, de las variables que los caracterizan. Se presentan los resultados sobre un análisis de rutas (Path Analysis) (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013) y un análisis de variables latentes (Latent Variables Analysis) (Borsboom, Mellenbergh, & van Heerden, 2003) para explicar y explotar la información sobre caracteres en caña de azúcar y para establecer la importancia de éstos y su potencial de su uso, en un proceso mejora genética en la caña de azúcar.

OBJETIVO

Estudiar en un análisis de rutas (Path Analysis) y de variables latentes, la importancia individual de un grupo de variables de caracterización en caña de azúcar con fines de mejora genética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Se utilizaron los datos de dos experimentos de variedades no florecedoras del estrato medio y litoral de la serie CG15. Los datos de los dos experimentos se utilizaron para un análisis de componentes principales. Para los análisis de Rutas y de Variables Latentes se presentan los resultados sobre los datos del experimento el Estrato Medio. Los experimentos se ubicaron uno en la Sub-estación experimental del estrato medio (*Estado III NO Flor en la finca El Bálsamo, caña "El Seis" del ingenio Pantaleón a 237 msnm, 14°15'38.89" N y 91°00' 22.36" O*) y el otro en la Sub-estación experimental del estrato litoral (*finca El Retazo, del ingenio Magdalena a 17 msnm, 14° 01' 14.99" N y 91° 06' 34.42" O*).

Material vegetal

Los ensayos se integraron con clones de híbridos F1 no florecedores de la serie CG15. Se estudiaron 41 genotipos en el estrato litoral y 57 en el estrato medio.

Variables estudiadas

Las variables **oque1**, **oque2** y **corcho** fueron transformadas a fin de que la dirección de todas las variables fuera el mismo: entre más alto el valor, mejor. La transformación fue dada por

$$\text{Observación transformada} = \text{Valor máximo de la variable} - \text{Valor de la observación.}$$

CUADRO 1. Listado de variables que fueron incluidas en el presente estudio.

No.	Código	Tipo de análisis.	Descripción
1	oque1	Ninguno	Oquedad Intermedia (%)
2	oque2	ACP, path, latent	Oquedad Severa (%)
3	pop1	ACP, path, latent	Población: Tallos por metro lineal.
4	alt1	ACP, path, latent	Altura de corte del tallo en metros.
5	diam1	ACP, path, latent	Diámetro del tercio medio del tallo en milímetros
6	peso5	ACP, path, latent	Peso de cinco tallos en Kilogramos
7	peso1	Ninguno	Peso de un solo tallo en Kilogramos
8	jugo	ACP, path, latent	Masa de jugo en gramos a partir de una muestra de 500 gramos de caña fresca.
9	fibra	ACP, path, latent	Masa de peso seco de la muestra de 500 gramos luego de secado a un peso constante.
10	corcho	ACP, path, latent	Proporción de entrenudos con corcho del total de entrenudos en una muestra de cinco tallos.
11	Pol	ACP, path, latent	Contenido aparente de sacarosa en caña (%). Medición realizada con polarímetro.
12	brix	ACP, path, latent	Sólidos solubles en una muestra de jugo de tres tallos (%). Esta medición se realiza en pre cosecha directamente en el campo.
13	brixlab	ACP, path, latent	Sólidos solubles medidos en el laboratorio de jugos (%).
14	pureza	ACP, path, latent	Proporción del contenido de azúcar con respecto al contenido de sólidos solubles (%)
15	tah	Path	Estimado de producción de azúcar por unidad de área (Toneladas de Azúcar por Hectárea)
16	tch	Ninguno.	Estimación de la biomasa producida por variedad en Toneladas de Caña por Hectárea

Diseño Experimental

Bloques incompletos balanceados (alfa-látice) (Montgomery, 1991) con dos repeticiones.

Análisis de la Información

Análisis de Correlación de Pearson (Mendenhall & Beaver, 1991); Análisis de componentes principales (Jolliffe, 2002), Análisis de Rutas (Path Analysis) (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013) y de Variables Latentes (Borsboom, Mellenbergh, & van Heerden, 2003) para dos modelos estructurados de ecuaciones (Structured Equations Model, SEM) (Ruiz, Pardo, & San Martín, 2010). Los análisis y la generación de figuras fueron realizados en el programa para estadística R (R Core Team, 2019), mediante la aplicación de los siguientes paquetes **pastecs** (Grosjean & Ibanez, 2018); **rgl** (Adler & Murdoch, 2019); **factoextra** (Kassambara & Mundt); **lavaan** (Rosseel, 2012) y **semplot** (Epskamp, 2019). Otros paquetes genéricos (built-in) de R fueron aplicados.

Correlaciones

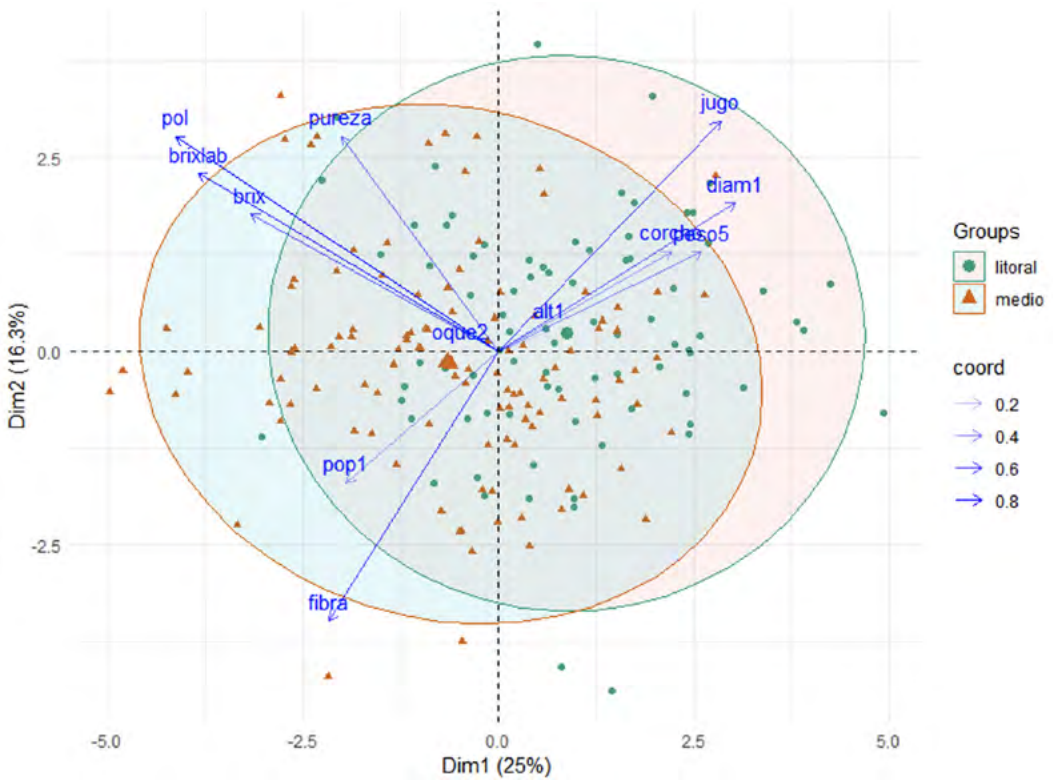
Un análisis de correlaciones entre el grupo de variables estudiadas mostró que el valor más alto de correlación corresponde a la relación entre **tch** y **tah**, esta no es necesariamente informativa puesto que la variable TAH es derivada del **tch** y del **Pol**. La correlación más significativa fue la que se dio entre el **Pol** y el **brxiab** ($r=0.92$; $Prob[>F]=<0.00001$) y la de **Pol** con el **brxi** medido en el campo ($r=0.60$; $Prob[>F]=<0.00001$). En otro trabajo, se observó que esta relación ha demostrado ser de utilidad en las evaluaciones preliminares directamente en el campo de los genotipos de caña de azúcar (Rosales-Longo, et al., 2018). La población de tallos por metro lineal (**pop1**) es de importancia para la acumulación de biomasa (**tch**) ($r=0.48$) y de azúcar (**tah**) ($r=0.41$), respectivamente. Valores altos de **brxi** medidos en el campo correlacionaron negativamente con el **tch** ($r=-0.43$) y el peso de 5 tallos ($r=-0.28$), respectivamente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

El análisis de componentes principales ayudó en:

- a) Reducir la dimensionalidad, de 12 a 4 variables.
- b) Agrupó en el hiperespacio a las observaciones lo que permitió establecer su organización y distribución, cada componente principal (PC) no está correlacionada con otra (Jolliffe, 2002) (De la Fuente Fernández, 2011), esto permite su tratamiento individual como elemento que explica las variables que más pueden influir en la generación del componente.
- c) Orientó en la postulación de dos variables latentes, lo que se discutirá adelante.

Se determinó que la distribución y agrupamiento de las variables puede resumirse en que las variables



► **Figura 2.** Biplot de todos los "scores" por experimento, incluye eigenvectors (Dim=Componente Principal)

relacionadas con la concentración de sacarosa se agrupan en las componentes 1 y 2 (41.4%). Las variables sobre acumulación de biomasa se agruparon en las PC's 3 y 4 (20.26%). En este sentido, puede percibirse que hay dos factores subyacentes o latentes que pueden explicar la variabilidad expuesta: Azúcar (PC1 Y PC2) y Biomasa (PC3 y PC4). Esto será retomado más adelante en el análisis de variables latentes.

Si esta variabilidad se representa en dos dimensiones (*Fig. 1*), es fácil observar los eigenvectores por variable y la distribución de éstos.

Se advierte que las variables relacionadas con el azúcar siguen una misma dirección y sentido, con importantes magnitudes (*Coord*). Lo mismo se aprecia en términos de las variables relacionadas con la acumulación de la biomasa. Debido a que la cantidad de jugo y fibra son inversamente proporcionales, es razonable que la dirección y sentido de éstas sea contrapuesto, tal como se observa en la Figura 2, la misma tendencia se encontró en el análisis de variables latentes.

ANÁLISIS DE RUTAS (PATH ANALYSIS)

Un aspecto importante sobre la organización de las variables originales es que, no se conoce el aporte de cada una en términos de una función. Si bien el ACP brinda información al respecto, es posible encontrar las rutas (*paths*) y cargas que se pueden seguir a partir de un conjunto hipotético de funciones, las cuales se construyen con base a una matriz de varianzas-covarianzas, o un matriz de correlaciones como en el presente caso (*cuadro 2*) (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013).

En el Cuadro 2 se presenta el resumen de los coeficientes de correlación de un grupo reducido de 12 variables, a partir del cual se derivó el diagrama de rutas (*Fig. 2*).

Cuadro 2. Análisis de correlación entre las variables con algún grado de relación (amarillo).

Coeficientes de correlación (*r*) y probabilidades (*p*[>F]) por encima y por debajo de la diagonal respectivamente para el Estrato Medio.

	Pop1 (1)	alt1 (2)	diam1 (3)	peso5 (4)	Jugo (5)	Fibra (6)	Corcho (7)	Pol (8)	Brix (9)	Brixlab (10)	Pureza (11)	Tah (12)
pop1	1	0.27	-0.18	-0.09	0.19	-0.08	-0.23	-0.26	-0.27	-0.34	-0.06	0.41
alt1		1	0.03	0.18	0.03	0.07	-0.04	-0.16	-0.09	-0.15	-0.05	0.32
diam1		0.03	1	0.43	0.2	-0.17	0.28	-0.18	-0.08	-0.13	-0.23	0.3
peso5		0.18	0.43	1	0.21	-0.18	0.34	-0.15	-0.28	-0.11	-0.16	0.77
jugo		0.03	0.2	0.21	1	-0.69	0.17	-0.13	-0.24	-0.18	0.06	0.27
fibra		0.07	-0.17	-0.18	-0.69	1	-0.29	0	0.14	0.06	-0.21	-0.23
corcho		-0.04	0.28	0.34	0.17	-0.29	1	-0.14	-0.14	-0.18	-0.01	0.15
Pol		-0.16	-0.18	-0.15	-0.13	0	-0.14	1	0.6	0.92	0.65	0.03
brix		-0.09	-0.08	-0.28	-0.24	0.14	-0.14	0.6	1	0.62	0.26	-0.23
brixlab		-0.15	-0.13	-0.11	-0.18	0.06	-0.18	0.92	0.62	1	0.52	0.01
pureza		-0.05	-0.23	-0.16	0.06	-0.21	-0.01	0.65	0.26	0.52	1	0.08
tah		0.32	0.3	0.77	0.27	-0.23	0.15	0.03	-0.23	0.01	0.08	1

Las relaciones de causalidad (Fig. 2) se construyeron según el orden de las variables (numeración de 1 a 12) y se fueron estableciendo de acuerdo con el nivel de correlación entre las mismas. Un valor arbitrario de "r" de al menos 0.25 fue utilizado para establecer algún tipo de relación. Con esto se elaboró un diagrama de rutas hipotético (Epskamp, 2019) el cual se presenta en la Figura 2 (donde además se incluyen las cargas, errores y covarianzas).

Se observa que las variables endógenas (dependientes) en el diagrama, fueron las variables *alt1*, *peso5*, *corcho*, *brix*, *brixlab*, *pureza*, *fibra* y *tah*. El resto resultaron ser variables explicativas o exógenas.

Con esta información, se procedió a definir un modelo estructurado de ecuaciones (Ruiz, Pardo, & San Martín, 2010), el cual supuso el planteamiento de ocho ecuaciones:

1. $alt1_2 = p_{2,1}pop1_1 + p_{2,e}e_2$
2. $peso5_4 = p_{4,3}diam1_4 + p_{4,e}e_4$
3. $corcho_7 = p_{7,1}pop1_1 + p_{7,3}diam1_3 + p_{7,4}peso5_4 + p_{7,e}e_7$
4. $brix_9 = p_{9,8}pol_8 + p_{9,1}pop1_1 + p_{9,4}peso5_4 + p_{9,e}e_9$
5. $brixlab_{10} = p_{10,9}brix_9 + p_{10,8}pol_8 + p_{10,1}pop1_1 + p_{10,5}jugo_5 + p_{10,e}e_{10}$
6. $pureza_{11} = p_{11,8}pol_8 + p_{11,1}pop1_1 + p_{11,4}peso5_4 + p_{11,e}e_{11}$
7. $fibra_6 = p_{6,7}corcho_7 + p_{6,5}jugo_5 + p_{6,e}e_6$
8. $tah_{12} = p_{12,1}pop1_1 + p_{12,2}alt1_2 + p_{12,3}diam1_3 + p_{12,4}peso5_4 + p_{12,5}jugo_5 + p_{12,8}pol_8 + p_{12,e}e_{12}$

Luego de ejecutar un análisis de rutas en el paquete **lavaan** (Rosseel, 2012), se presentan los resultados sobre el valor de los coeficientes p_{ij} de cada ecuación, así como una prueba de hipótesis (Z) para cada uno de los estimados (Cuadro 3).

Se advierte que la altura (**alt1**) es una función de la población de tallos por metro lineal (**pop1**) y que esta última también es una variable explicativa, juntamente con el diámetro del tallo (**diam1**) y el peso de 5 tallos (**peso5**) para la variable **tah**. En general, el contenido aparente de sacarosa en los tallos de caña (Pol) debiera ser explicativa para el **tah**. Sin embargo, extrañamente, no se encontró una correlación importante entre el **Pol** y el **tah**. En todo caso, se decidió incluir a esta variable dentro de la última ecuación debido a su participación en la estimación del **tah**. Se determinó que la variable **Pol** contribuye en la ecuación respectiva [$P(> |z|) = 0$]. El **Brixlab** resultó ser una función del **brix**, **Pol** y la población (**pop**). De todas las variables incluidas en las ecuaciones, **pop1** fue significativa en cada ecuación, excepto para la ecuación de la variable endógena **pureza**. Se puede generalizar indicando que, existe un buen nivel de explicación para cada ecuación en el modelo estructurado. En un trabajo sobre Path analysis en caña se determinó que el diámetro y la altura están altamente relacionados con el **tch** (Viveros, Baena, Villareal, López, & Victoria, 2015). Sin embargo, este trabajo incluyó solamente cinco variables y la relación encontrada es obvia. En el presente trabajo, las relaciones no son siempre obvias y permiten explorar más allá de lo que los datos crudos pueden indicar.

Se encontró un buen nivel de ajuste del modelo según los criterios más reconocidos (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013) (Hu & Bentler, 1999): Comparative Fit Index (FIT) 0.977 > 0.95; . Razón $\chi^2/GL=0.814 < 3$; Standardized Root mean Square Residual 0.069 < 0.08.

El resultado final con los valores de los estimados de los coeficientes de Wright, las covarianzas y los residuos se presentan en la Figura 2.

No. en el modelo	Modelo	Estimado (path coefficient) (p_{ij})	Std.Err	z-value	P(> z)
1	alt1 ~ pop1	0.03	0.01	3.038	0.002
2	peso5 ~ diam1	0.203	0.04	5.072	0
3	corcho ~ pop1 diam1 peso5	-0.531 0.247 1.016	0.248 0.175 0.366	-2.143 1.412 2.775	0.032 0.158 0.006
4	brix ~ Pol pop1 peso5	0.768 -0.139 -0.268	0.107 0.07 0.092	7.146 -1.995 -2.926	0 0.046 0.003
5	brixlab ~ brix Pol pop1 jugo	0.054 0.921 -0.069 -0.002	0.033 0.048 0.027 0.003	1.626 19.078 -2.563 -0.579	0.104 0 0.01 0.562
6	pureza ~ Pol pop1 peso5	1.236 0.138 -0.059	0.135 0.088 0.113	9.168 1.58 -0.521	0 0.114 0.603
7	fibra ~ corcho jugo	-0.196 -0.23	0.078 0.023	-2.511 -9.913	0.012 0
8	tah ~ pop1 alt1 diam1 peso5 jugo Pol	1.308 1.327 0.177 2.508 -0.001 1.187	0.065 0.518 0.042 0.085 0.006 0.094	20.279 2.56 4.257 29.335 -0.185 12.595	0 0.01 0 0 0.853 0

Cuadro 3.
Valores de los coeficientes de Wright (p_{ij}) para cada una de las ecuaciones del modelo estructurado

Estimado: Coeficiente p_{ij} ; Std.Err: Error Estándar; z-value: Valor de Z; P(>|z|): Probabilidad de encontrar un valor absoluto mayor a "z".

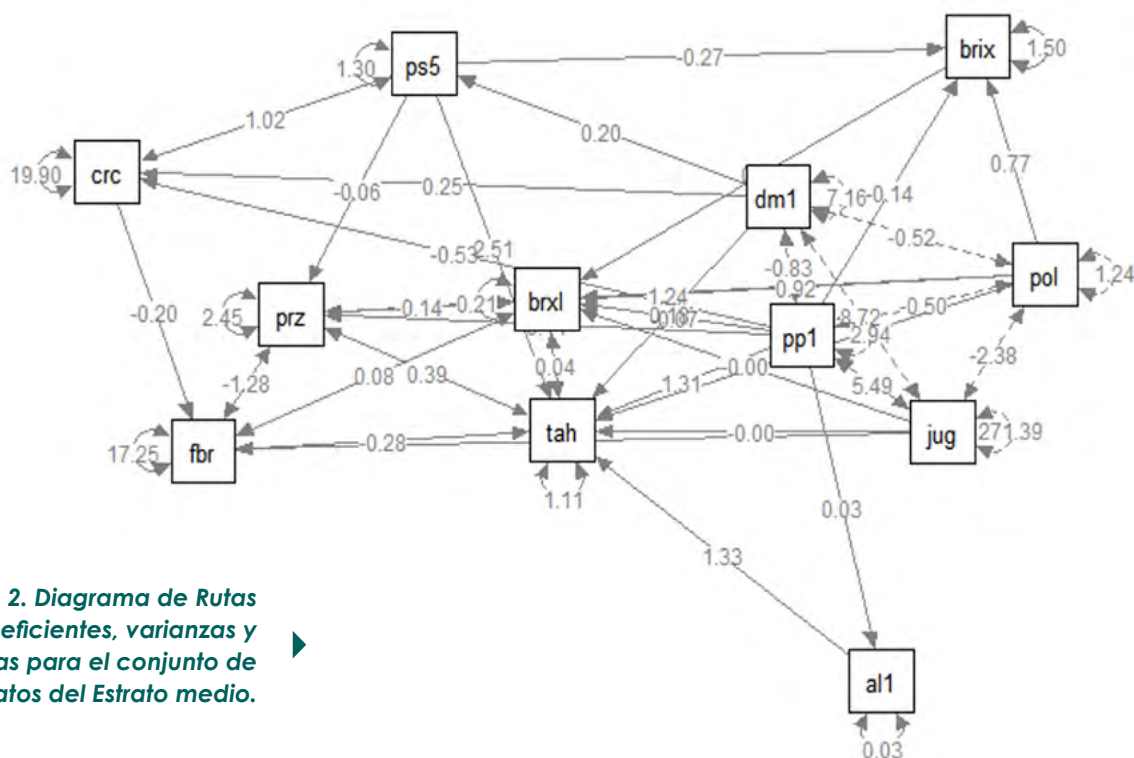


Figura 2. Diagrama de Rutas con los coeficientes, varianzas y covarianzas para el conjunto de datos del Estrato medio.



De acuerdo con los resultados presentados, el modelo estructurado de ecuaciones resuelto es:

1. $alt1_2 = 0.03pop1_1 + 0.034e_2$
2. $peso5_4 = 0.203diam1_4 + 1.302e_4$
3. $corcho_7 = -0.531pop1_1 + 0.247diam1_3 + 1.016peso5_4 + 19.902e_7$
4. $brix_9 = 0.768pol_8 - 0.139pop1_1 - 0.268peso5_4 + 1.499e_9$
5. $brixlab_{10} = 0.054brix_9 + 0.921pol_8 - 0.069pop1_1 - 0.002jugo_5 + 0.213e_{10}$
6. $pureza_{11} = 1.236pol_8 + 0.138pop1_1 - 0.059peso4_4 + 2.455e_{11}$
7. $fibra_6 = -0.196corcho_7 - 0.23jugo_5 + 17.249e_6$
8. $tah_{12} = 1.308pop1_1 + 1.327alt1_2 + 0.177diam1_3 + 2.508peso5_4 - 0.001jugo_5 + 1.187pol_8 + 1.107e_{12}$

Con estos resultados es posible, realizar simulaciones o bien entender los patrones de relaciones entre variables de caracterización en la caña de azúcar.

ANÁLISIS DE VARIABLES LATENTES

De acuerdo con el ACP, las componentes principales 1 y 2 estaban primariamente asociadas con la concentración de sacarosa y las componentes principales 3 y 4 estaban explicadas principalmente por las variables relacionadas con la biomasa. De esa cuenta se establecieron dos variables latentes, llamadas aquí "biomasa" y "azúcar", ambas dependientes de cada conjunto de variables indicadas en el ACP y el análisis de correlaciones:

1. **Biomasa = peso5, fibra y jugo.**
2. **Azúcar = Pol, brix, brixlab, y pureza.**

El diagrama de rutas establecido (Fig. 3) indica que las variables **Pol** y **peso5**, según procedimiento, tendrán un coeficiente de 1, el resto serán variables libres en el análisis y sus valores serán estimados mediante la resolución del modelo (Rosseel, 2012).

El modelo estructurado de ecuaciones es como sigue:

1. $biomasa_1 = p_{1,5}peso_5 + p_{1,7}fibra_7 + p_{1,6}jugo_6 + p_{1,e}e_1$
2. $azúcar_2 = p_{2,9}pol_9 + p_{2,10}brix_{10} + p_{2,11}brixlab_{11} + p_{2,12}pureza_{12} + p_{2,e}e_2$

La resolución del modelo por lavaan (Rosseel, 2012), se presenta el Cuadro 4.

En este modelo, prácticamente todas las variables asociadas a cada una de las dos ecuaciones, presenta alta significación en términos de su asociación con cada una de las variables latentes. Los factores o variables latentes son explicadas por las variables que hipotéticamente se plantearon como componentes de cada ecuación.

Cuadro 4. Cargas (Coeficientes) para las variables originales en un análisis de variables latentes de un Modelo Estructurado de Ecuaciones. Estrato Medio.

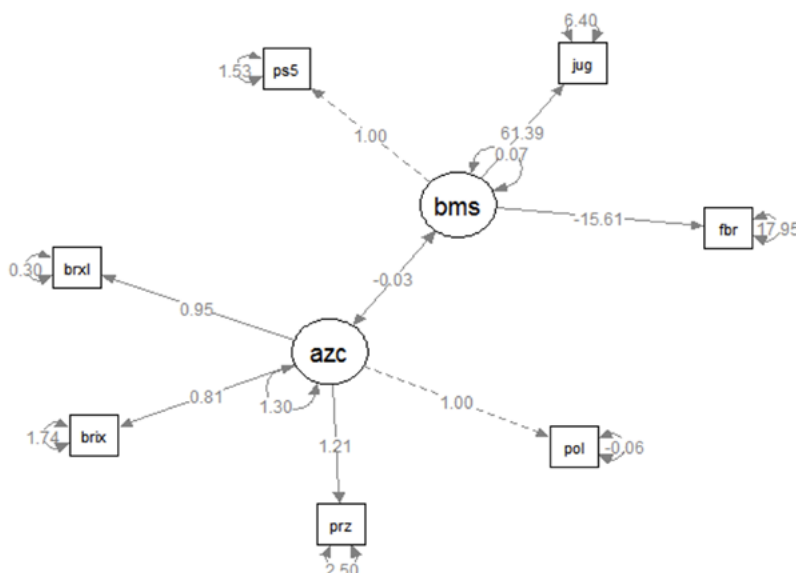
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.all
biomasa =~					
peso5	1				0.21
fibra	-15.611	7.055	-2.213	0.027	-0.699
jugo	61.389	36.087	1.701	0.089	0.988
azucar =~					
Pol	1				1.024
brix	0.806	0.11	7.322	0	0.571
brixlab	0.949	0.053	17.946	0	0.893
pureza	1.208	0.135	8.951	0	0.656

Estimate: Coeficiente p_{ij} ; Std.Err: Error Estándar; z-value: Valor de Z; P(> |z|): Probabilidad de encontrar un valor absoluto mayor a "z". std.all: valor del coeficiente en unidades estándar.

El ajuste del modelo estructurado alcanzó valores admisibles de los criterios de aceptación del modelo (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013) (Hu & Bentler, 1999): CFI=0.9531>0.95; Razón $\chi^2/GL=2.82<3$; RMSEA P-value = 0.001<0.006. Por tanto, se sigue que, las variables originales explican la variabilidad que pudiera existir en las variables latentes. Consecuentemente, tanto el tch como el tah, sin ser estimados a partir de las mismas variables explicativas, puede ser modelados desde variables latentes o subyacentes, "azúcar" y "biomasa" por ejemplo, de tal forma que la variación genética de los materiales en evaluación puedan ser objetos de estudio desde este punto de vista.

El modelo estructurado de ecuaciones resuelto es:

1. $biomasa_1 = peso_5 - 15.611fibra_7 + 61.38jugo_6 + 0.07e_1$
2. $azúcar_2 = pol_9 + 0.806brix_{10} + 0.949brixlab_{11} + 1.208pureza_{12} + 1.296e_2$



◀ **Figura 5. Diagrama de Rutas resuelto para el análisis de variables latentes del Experimento del Estrato Medio.**

El modelo resuelto puede apreciarse gráficamente en la figura 5 En donde se aprecian las rutas y las cargas para cada una de ellas, la covariación entre variables latentes y los errores (varianzas).

Las cargas más altas se observan en la ecuación de "biomasa" donde el **jugo** es el principal, seguido por un efecto negativo de la fibra. En la ecuación de "azúcar" las variables explicativas tienen valores más altos de significación estadística.

La variabilidad general de los datos puede ser explicada en un buen nivel (61.57%) por cuatro componentes principales.

Las componentes principales 1 y 2 (41.3%) se asocian con las variables relacionadas con la concentración de azúcar y las componentes 3 y 4 (20.26%) con las variables relacionadas con la biomasa. Estos dos grupos de variables no están correlacionadas entre sí.

En un análisis de rutas (Path Analysis) fue posible estructurar un modelo de rutas a partir de los análisis de correlación y ACP con un buen nivel de ajuste, que permiten hipotetizar sobre las rutas y cargas (coeficientes) de los caracteres (variables), lo que explica las relaciones causales entre variables.

Tanto el **tch** como el **tah**, sin ser estimados a partir de las mismas variables explicativas, pueden ser modelados desde variables latentes o subyacentes ("azúcar" y "biomasa"), de tal manera que, la variación genética de los materiales de caña de azúcar, puedan estudiarse desde este punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, D., & Murdoch, D. (2019). *rgl: 3D Visualization Using OpenGL*. R package version 0.100.19. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=rgl>
- Borsboom, D., Mellenbergh, G., & van Heerden, J. (2003). *The Theoretical Status of Latent Variables*. *Psychological Review*, 110(2), 203-2019.
- De la Fuente Fernández, S. (2011). *Componentes Principales*. Madrid, España: Fac. Ciencias Económicas y Empresariales. Retrieved junio 24, 2019, from halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema3am.pdf
- Epskamp, S. (2019). *semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output*. R package version 1.1.1. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>
- Grosjean, P., & Ibanez, F. (2018). *pastecs: Package for Analysis of Space-Time Ecological Series*. R package version 1.3.21. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=pastecs>
- Hu, L.-T., & Bentler, P. (1999). *Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives*. *STRUCTURAL EQUATION MODELING*, 6(1), 1-55.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* (2 ed.). New York: Springer.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (n.d.). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.5. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Khan, I., Bibi, S., Yasmin, S., Khatri, A., Seema, N., & Abro, S. (2012). *Correlation studies of agronomic traits for higher Sugar yield in sugarcane*. *Pak. J. Bot*, 44(3), 969-971.

- Mendenhall, W., & Beaver, R. J. (1991). *INTRODUCTION TO PROBABILITY AND STATISTICS* (8 ed.). Boston, Massachusetts: PWS-KENT.
- Miller, J. D., James, N. I., & Lyrene, P. M. (1978). Selection Indices in Sugarcane. *Crop Science*, 18, 369-372.
- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. (N. Grepe, Ed., & J. Delgado-Saldivar, Trans.) México: Iberoamérica, S.A.
- Ong'ala, J., Mwanga, D., & Ouani, F. (2016). On the Use of Principal Component Analysis in Sugarcane Clone Selection. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*, 70(1), 33-39.
- Pérez, E., Medrano, L. A., & Sánchez-Rosas, J. (2013). El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(1), 55-66.
- Rosales-Longo, F. U. (2017). *Índices Fenotícos de Selección en Caña de Azúcar*. Lugo: Universidad de Santiago de Compostela. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10347/16500>
- Rosales-Longo, F. U., Ovalle, W., García, B., Catalán, M., Portillo, O., & Santiago, D. (2018). *EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ESTADO III DURANTE LA ZAFRA 2017-2018, EN GUATEMALA*. In A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & M. Melgar (Ed.), *MEMORIA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN ZAGRA 2017-2018*, (pp. 131-150). Retrieved from <https://cengicana.org/files/20180919081605298.pdf>
- Rosales-Longo, F. U., Ovalle, W., García, B., González, H., Catalán, M., Lima, L., . . . Villatoro, B. (2016). Evaluación y selección de variedades de caña de azúcar en el estado III durante la zafra 2015-2016, en Guatemala. In A. Meneses, H. Orozco, & O. Pérez (Eds.), *Memoria. Presentación de resultados de investigación Zafra 2015-2016* (pp. 136-147).
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.: <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.
- Ruiz, M., Pardo, A., & San Martín, R. (2010). Modelos de Ecuaciones Estructurales. *Papeles del Psicólogo*, 3(1), 35-45.
- Viveros, C. A., Baena, D., Villareal, F., López, L., & Victoria, J. (2015). Traits of the sugar cane associated with tons of cane per hectare and sucrose (% cane). *Acta Agronómica*, 64(3), 252-256.

ARTÍCULO DE FÁBRICA

Reutilización de absorbente: una nueva práctica para mejorar la eficiencia de una refinería

Por:

Maynor Cupertino Mejía, mion@launion.com.gt Ingenio La Unión; Juan Pedro Quiñonez, jquinonez@launion.com.gt Ingenio La Unión; Mario Canales, mcanales@gravertech.com Graver Technologies; Idalberto Delgado, idelgado@gravertech.com Graver Technologies; Francisco González, fgonzalez@gravertech.com Graver Technologies; Roberto Medina, rmedina@gravertech.com Graver Technologies.



- Fosfatación
- Superadsorbentes
- Decoloración
- Clarificación
- Reutilización

Abreviaturas

- LD Licor diluido
- LCL Licor clarificado
- LPF Licor de primera filtración
- LF Licor fino
- VHP Azúcar de muy elevado pol
- FA Filtro ayuda

R E S U M E N

Ingenio La Unión tiene una refinería adjunta con capacidad de procesar 1,500 t/día de azúcar VHP con un color que oscila entre 400 y 600 UI. Después de la fosfatación, tiene un proceso de decoloración y utiliza el adsorbente no regenerable en un tratamiento en dos etapas que reutiliza la torta parcialmente agotada de la segunda etapa, en el tratamiento durante la primera etapa. Ante la presencia de una nueva generación de adsorbentes con mayor capacidad de eliminación de color y menor uso de tierra filtrante en los ciclos de decoloración, adicionado a la instalación con reutilización de la torta, se optó por eliminar por completo el proceso de fosfatación. La nueva estrategia fue exitosa y resultó en un proceso más directo, flexible y adaptable, particularmente adecuado para manejar los inconvenientes típicos cuando se opera una refinería adjunta (irregularidad de ingreso de materia prima, desperfectos mecánicos de equipos críticos, etc.), eliminando las pérdidas habituales asociadas con el reinicio del proceso de fosfatación tras las paradas de la refinería. Cuando se compararon ambos enfoques se lograron eficiencias similares en la refinería, 85.47% vs. 85.58%; pero el nuevo proceso tuvo como resultado un aumento del 10 % en la producción de azúcar refinada debido a que fue posible operar la refinería a un Brix de azúcar fundido significativamente más alto (69.29 frente a 63,46), reduciendo el consumo de vapor de la refinería en un 20% y aumentando significativamente la capacidad de la estación de tachos.

El ahorro total en costos directos como resultado de esta simplificación se estimó en \$1.48/t de azúcar refinada, o más de \$280,000 para toda zafra.

INTRODUCCIÓN

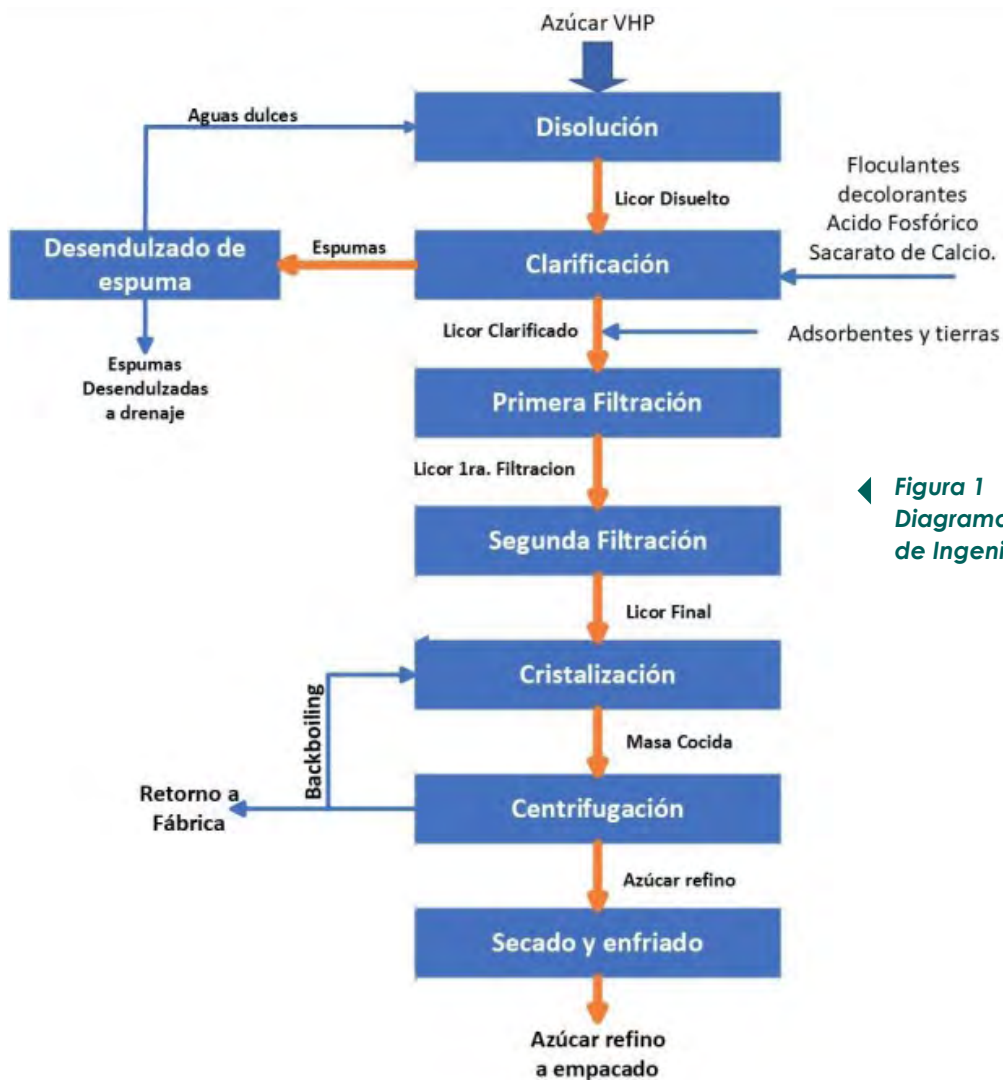
Los adsorbentes no regenerables, se han utilizado durante muchos años en la producción de azúcar refinada de bajo color. Originalmente, su modo general de utilización era formando una precapa en los filtros, lo que implicaba cargar todo el adsorbente en el filtro al comienzo del ciclo de filtración y lograr la reducción del color a medida que la solución de azúcar pasaba a través de la torta del filtro. A lo largo de los años, las aplicaciones del adsorbente fueron evolucionando para tratar azúcares con mayor contenido de color, generando modos de operación por lotes, continuos e híbridos de alimentación continua/precapa (Delgado y Lengen, 2016). Todos estos aprovechan el importante "press effect" que exhiben los adsorbentes y sus excelentes propiedades de filtración.

El "press effect" se define como la capacidad de adsorción residual del adsorbente en la torta del filtro. Su magnitud depende del tipo y la cantidad de adsorbente acumulado, el espesor de la torta de filtración y la velocidad de flujo, que en conjunt o determinan el tiempo de contacto y, en última instancia, la capacidad de transferencia de masa en la torta de filtración (Delgado y Lengen, 2016).

La mayoría de las refinerías que utilizan adsorbentes no regenerables en los procesos de decoloración utilizan varios filtros que funcionan en paralelo. Las entradas en línea de los filtros generalmente se escalonan, por lo que los tiempos de permanencia en línea también son escalonados. Mientras mayor sea este tiempo, mayor cantidad de adsorbente se acumula en la torta y por tanto mayor "press effect" tendrán. Este efecto permite que como las corrientes de salida de los filtros se mezclan, el color del licor fino permanece bastante constante para similar dosis de adsorbente y color del licor de alimentación, (Delgado y Lengen, 2018).

Clarificación y tratamiento simple con adsorbente

En temporadas recientes, en la refinería de Ingenio La Unión, el proceso básico contaba con clarificación de licor, tratamiento con adsorbente no renovable y un esquema de masa única con "backboiling". En la zafra 2019/2020 se utilizó una nueva generación de adsorbente para tratar el licor clarificado. Después del tratamiento, se usaron dos procesos de filtración consecutivos. En el primero (filtración primaria), el adsorbente se retenía para ser removido del proceso, mientras que en el segundo (filtración secundaria) se eliminaban las partículas sólidas remanentes y la turbidez entregando el licor fino que alimenta la estación de tachos (Fig.1)

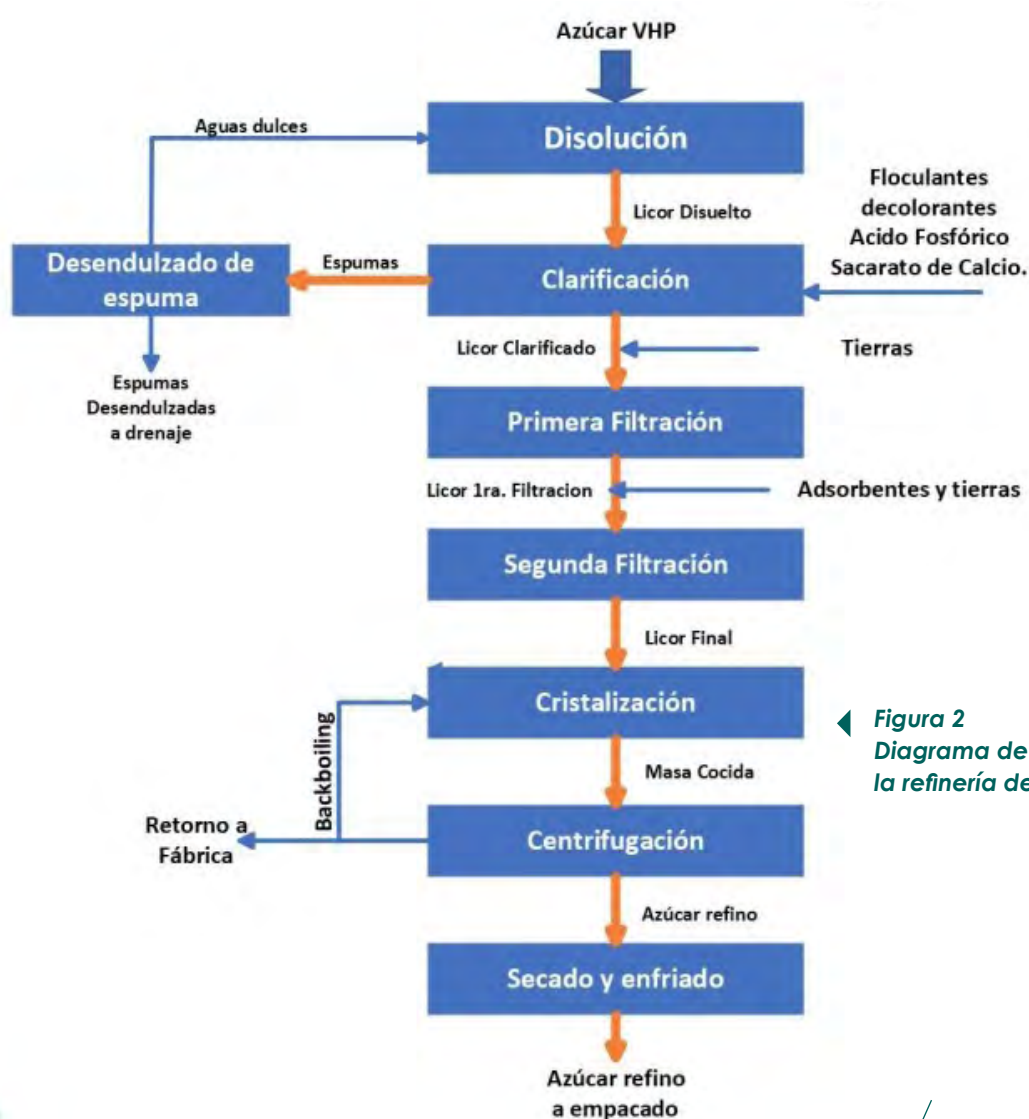


◀ **Figura 1**
Diagrama de flujo de la refinería de Ingenio La Unión.

Cinco filtros idénticos fueron acondicionados de la misma forma y utilizados indistintamente en las posiciones primarias o secundarias hasta su agotamiento. Tres filtros primarios trabajaron en operación escalonada recibiendo el licor tratado después de la clarificación y entregando el Licor de Primera Filtración (LPF) a un filtro secundario para asegurar el color y turbidez del licor final (Fig. 1). Este modo de operación permitió remover 40.5 y 75.0% del color y la turbidez inicial, respectivamente.

Clarificación y tratamiento con reutilización del adsorbente en 2 etapas.

Con el objetivo de utilizar la capacidad de decoloración residual que aún posee el adsorbente después de un tratamiento simple, se proyectó modificar la configuración del proceso proporcionando que la torta formada, antes de desecharse, entre en contacto con una corriente previa de mayor color, logrando un mayor agotamiento del adsorbente. Para lograrlo, se cambia la adición del adsorbente hacia un punto antes de la segunda filtración. En este caso el filtro secundario es el encargado de separar y retener el adsorbente, una vez que tenga suficiente cantidad acumulado en la torta y aun con capacidad de filtración se le cambia su función a filtro primario, recibiendo el material sin tratar proveniente de la clarificación.



◀ **Figura 2**
Diagrama de flujo modificado de la refinera de Ingenio La Unión

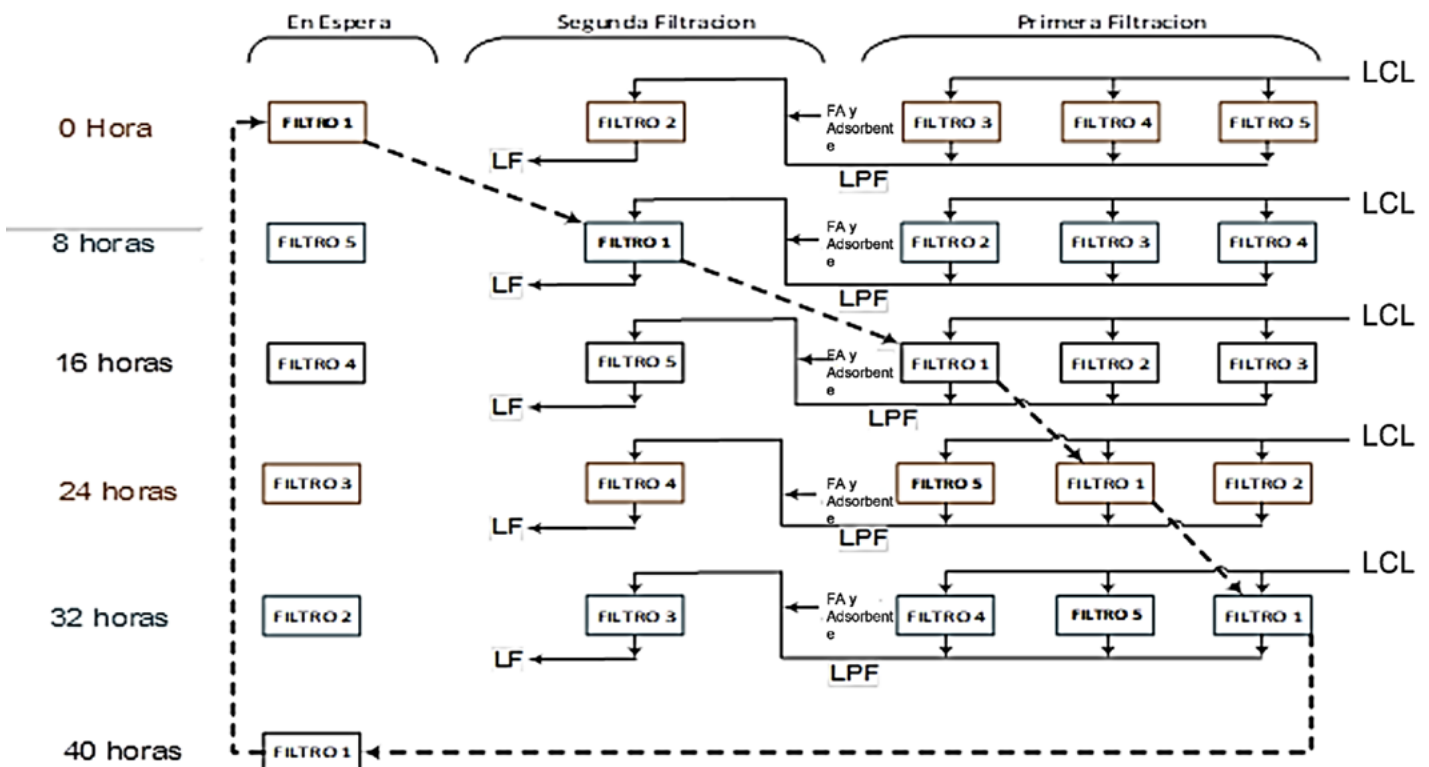
De esta forma se proporciona un tratamiento a contracorriente en 2 etapas, la primera el adsorbente parcialmente agotado entra en contacto con el licor clarificado sin tratar y la segunda el LPF se trata con el adsorbente nuevo con lo que se logra aprovechar la capacidad residual de decoloración del adsorbente y minimizar su dosis (Fig. 2).

La rutina de operación consistió en mantener tres filtros primarios trabajando escalonados, un filtro en la posición secundaria y un filtro en espera para entrar siempre como secundario (Fig. 3).

Una vez estandarizada esta estrategia, el uso más racional del "press effect" de la torta acumulada en los filtros primarios y secundarios, permitió aumentar la capacidad de remoción de color del proceso hasta 50.5 % y la de turbidez a 78.1 %.

En la Figura 3, la línea punteada indica el ciclo de filtros y cómo fueron utilizados con la nueva estrategia tomando como ejemplo el filtro 1. A medida que los filtros pasan del acondicionamiento a la filtración secundaria y luego a la filtración primaria; la corriente de licor principal se mueve, por el contrario, pasando por la filtración primaria y la filtración secundaria. Los filtros siempre se acondicionaron de la misma manera: Filtro 1 en el tiempo = 0 h. Después de 8h aproximadamente, el filtro 1 entra en el proceso en la posición secundaria. Mientras sucede, el filtro primario 5 de mayor edad y agotado sale de la operación para ser acondicionado, y el resto de los filtros pasan a la siguiente posición. Ocho horas más tarde, el filtro 1 se mueve y funciona como filtro primario durante unas 24 horas.

Figura 3. Diagrama de bloques del tratamiento de 2 etapas con la reutilización de adsorbente para decolorar el licor clarificado



Tratamiento con reutilización del adsorbente en 2 etapas sin clarificación.

La prueba de un nuevo adsorbente de nueva generación que se implementó en la clarificación de licor se inicia a utilizar en el tratamiento de 2 etapas con reutilización de este debido a sus excelentes propiedades de filtración y su mayor capacidad de eliminación de color en comparación con el adsorbente anterior, pasando a ser el principal adsorbente decolorante para la zafra 2022-2023.

Se siguió el mismo tratamiento reutilizando la torta en 2 etapas. El proceso de decoloración mostró suficiente capacidad de eliminación de color como para tratar directamente el licor disuelto. En consecuencia, se eliminó la fosfatación para simplificar el proceso (Fig. 4), se implementó la modulación de pH antes de iniciar la filtración y el licor disuelto con pH modulado es enviado a la primera filtración, acondicionándolo con una pequeña dosis de filtro ayuda para garantizar el buen funcionamiento de la primera etapa de filtración. Con ello se evitó los inconvenientes relacionados con la inestabilidad de la alimentación de azúcar crudo cuando se opera una refinera adjunta.

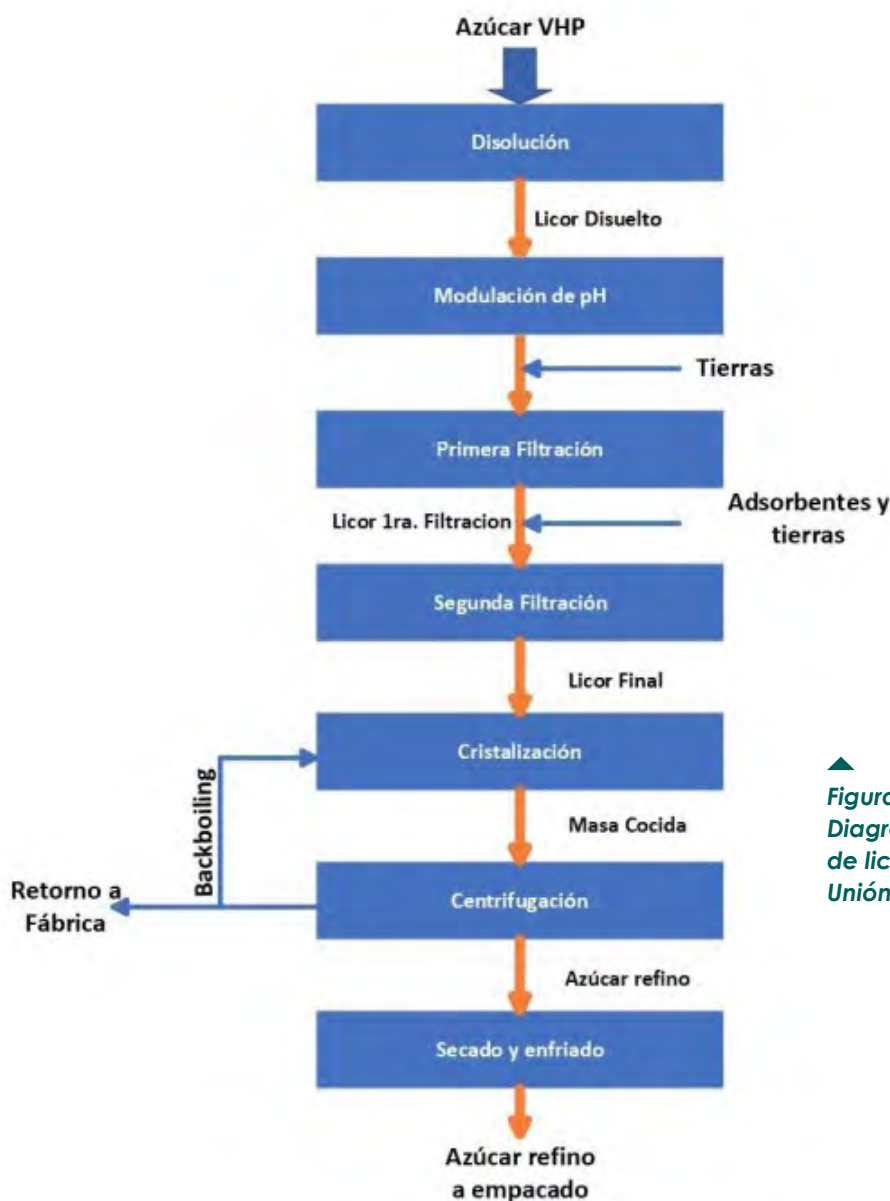
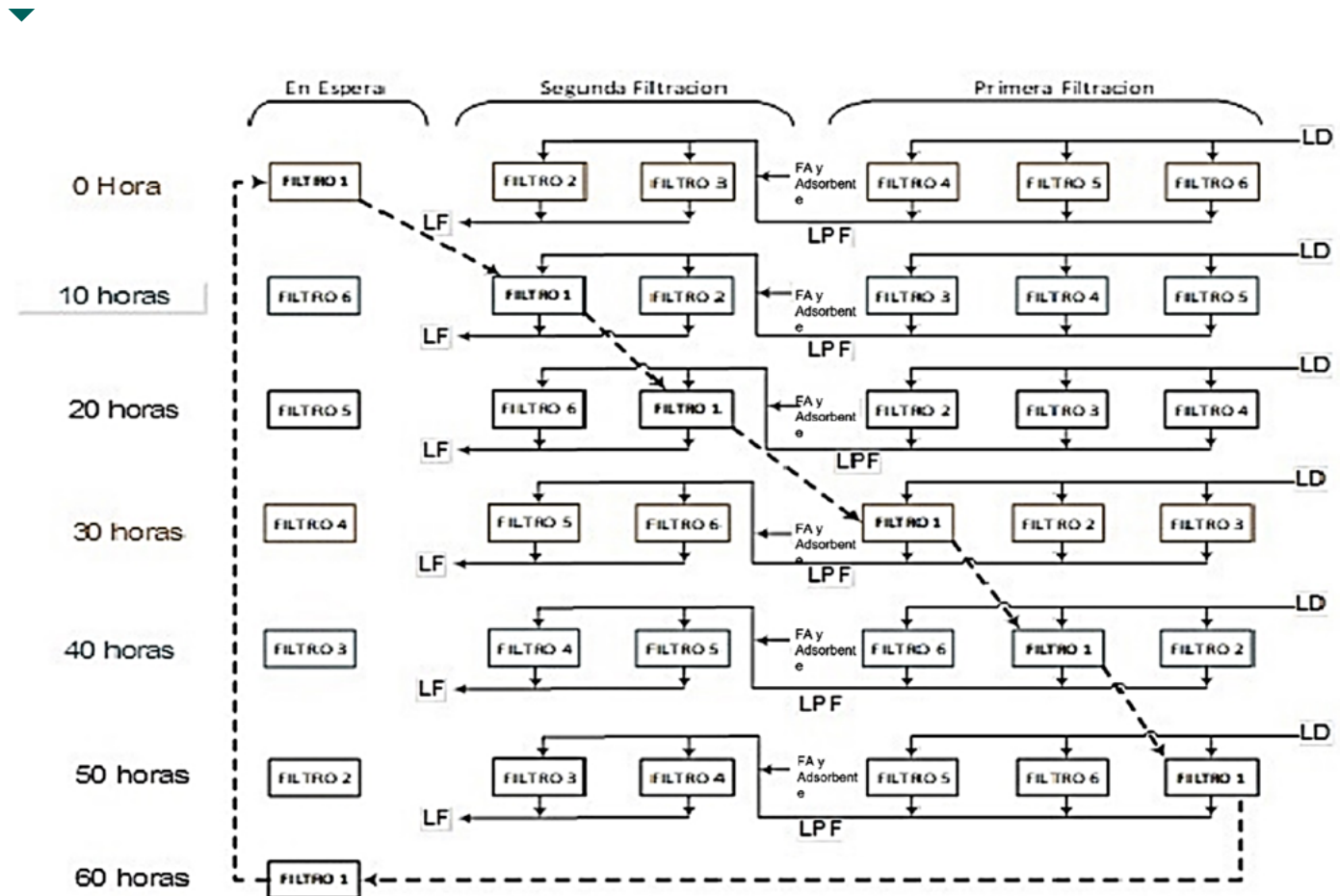


Figura 4
Diagrama de flujo sin clarificación
de licor en la refinera de Ingenio La
Unión

Previamente al cambio de adsorbente, fue instalado un nuevo filtro por lo que la rutina de operación consistió en mantener tres filtros primarios trabajando de forma escalonada, dos filtros secundarios y un filtro en espera para entrar a operar cuando se agotaba el filtro de primera con más tiempo de operación (Fig.5).

Figura 5. Diagrama de bloques del tratamiento en 2 etapas con la reutilización de la nueva generación de adsorbente para decolorar el licor disuelto.



Impacto económico de la introducción de la nueva generación de adsorbente y la eliminación de la fosfatación.

Se compararon dos periodos trabajando con ambas estrategias para determinar el impacto económico de la eliminación de la fosfatación y cambio de la generación de adsorbentes. Para una dosificación similar de adsorbentes por tonelada de azúcar (1,015 ppm del anterior frente a 954 ppm de la nueva generación (Tabla 1), algunos productos químicos no se utilizaron al eliminarse la fosfatación (cal, ácido fosfórico, floculante y decolorante) y se ahorró un 14% en el consumo de tierras diatomeas. Respecto al consumo de vapor para los cocimientos de las masas se obtuvo un ahorro del 19%.

Trabajar sin fosfatación permitió aumentar el Brix en la operación, obteniendo más de 5 °Bx en el licor fino, de 63.5 a 69.3 °Bx (Tabla 2), manteniendo la misma capacidad de los flujos procesados

(Tabla 3) y aumentando significativamente la capacidad del área de tachos. Adicional a ello, los parámetros de calidad del azúcar refino se mantienen dentro de los parámetros del mercado internacional y la cantidad de cenizas disminuye sustancialmente. La nueva estrategia de proceso sin fosfatación resultó en un proceso simple, más directo, flexible y adaptable, particularmente adecuado para manejar las alteraciones típicas cuando se opera una refinera adjunta.

Tabla 1. Índice de consumo de insumos, eficiencia y uso de vapor de la refinera.

Índices de consumo de Materiales (ppm/t de azúcar refinada)	Fosfatación + adsorbente antiguo en 2 etapas	Adsorbente nuevo en 2 etapas
Adsorbente anterior	1015	NA
Adsorbente nuevo	NA	953.5
Filtro Ayuda	1231	1063
Hidróxido de sodio	Na	24.43
Cal	751	NA
Acido fosfórico	533	NA
Color precipitante	133	NA
Floculante	12.34	NA
Eficiencia de la refinera	85.47	85.58
Vapor (kg/kg de azúcar refinada)	0.83	0.72

Tabla 2. Resultados de análisis de los materiales durante las pruebas.

Datos analíticos de los materiales durante la prueba	Fosfatación + adsorbente antiguo en 2 etapas	Adsorbente nuevo en 2 etapas	UDM
Brix licor disuelto	64.12	70.39	° Brix
Brix licor clarificado	63.97	NA	° Brix
Brix licor final	63.46	69.29	° Brix
Color licor disuelto	478.22	466.70	UI
Color licor clarificado	417.14	NA	UI
Color licor final	203.04	217.81	UI
Remoción de color total	57.54	53.33	%
Turbidez licor disuelto	169.79	119.11	UI
Turbidez licor clarificado	38.70	NA	UI
Turbidez licor final	9.77	39.69	UI
Color azúcar (max. 45 Mops)	34.61	34.11	Mops
Turbidez azúcar (max. 20 UI)	4.64	11.75	UI
Material insoluble (max. 20 ppm)	9.00	5.00	ppm
Cenizas azúcar (max. 0.02 %)	0.0105	0.0072	%

Tabla 3. Flujos de procesados por etapa de filtración.

Flujos procesados por filtro en cada operación	Fosfatación + adsorbente antiguo en 2 etapas	Adsorbente nuevo en 2 etapas	UDM
Primera filtración	635.88	624.53	m3
Segunda filtración	685.09	673.73	m3

Al comparar ambos períodos, una vez eliminada la fosfatación y trabajando a mayor Brix, hubo menor demanda de vapor y aumento el azúcar refinado producido en el ingenio, 1,049 t vs. 1,178 t promedio día. También el rendimiento de azúcar por metro cúbico de masa cocida también mostró valores más altos, 715.4 vs. 690.1 kg/m³ (Tabla 4), lo que indica un mejor desempeño de las operaciones combinadas de cristalización-centrifugación. La concentración de azúcares reductores y el índice Glucosa/Brix en el jarabe presentaron valores más bajos, 1.46 vs 2.00% y 4.13 vs 5.54% respectivamente (Tabla 4), lo que indica que se produjo una menor destrucción de sacarosa al trabajar en el periodo sin fosfatación.

Tabla 4. Parámetros esenciales de una refinera.

Parámetro	Fosfatación + adsorbente antiguo en 2 etapas	Adsorbente nuevo en 2 etapas
Rendimiento en refinera (kg/m ³ masa cocida)	690	715
Producción de azúcar refinada / día (t)	1,049	1,178
Producción de azúcar refinada (t/semana)	7,343	8,246
Azúcares reductores (%)	2	1.46
Glucosa/Brix (%)	5.54	4.13

Análisis económico

Los costos de los materiales directos involucrados en el tratamiento de licor disuelto y los ahorros de vapor en la refinera debido al aumento de Brix fueron seleccionados como los principales ahorros y cuantificados para hacer una evaluación rápida de la rentabilidad al comparar ambas estrategias (Tabla 5). Se determinaron los ahorros por la eliminación de la fosfatación y la sustitución del adsorbente, considerando precios locales, costos y consumos (Tabla 1).

La reducción de los productos químicos utilizados cuando se trabaja sin fosfatación generó ahorros de alrededor de US\$0.80/t de azúcar refinada (Tabla 5). Además, la refinera operando a un Brix significativamente más alto (69,2 frente a 63,7) redujo el consumo de vapor en más del 20 % (Tabla 1) y aumentó la capacidad de la estación de tachos.

Como resultado de esta simplificación, estos ahorros directos se estimaron en 1.48 \$/t de azúcar refinada o US\$284.400 para toda la zafra.

Los ahorros podrían ser mayores si se consideran los costos directos eliminados, como la mano de obra, los costos de mantenimiento, el consumo de energía por equipos fuera de operación de la clarificación de licor, el agua y los costos del tratamiento de agua dulce asociados con el proceso de fosfatación. Además, algunos beneficios, como la reducción de la generación de agua dulce y las pérdidas de azúcar en la espuma del clarificador, entre otros, impactarían positivamente el rendimiento general y la economía de la refinería.

Tabla 5. Costo de operación de la refinería.

Costos (\$/t de azúcar refinada)	Fosfatación + adsorbente antiguo en 2 etapas	Adsorbente nuevo en 2 etapas
Insumos involucrados en el trata	5.99	5.19
Costo del vapor utilizado	3.75	3.07
Total	9.74	8.26

CONCLUSIONES

- Los ahorros obtenidos con la eliminación de la fosfatación relacionados con insumos y consumo de vapor equivalen a US\$1.48 / t de azúcar refino-productada.
- Estos ahorros pueden ser mayores si se cuantificaran los consumos de energía eléctrica que conlleva toda la operación de la clarificación de licor y desendulzado de la espuma, mano de obra de uso de este equipamiento, mantenimiento mecánico y eléctrico, entre otros.
- La nueva estrategia sin fosfatación permite operar más eficientemente una refinería adjunta, sometida a irregularidades en el abastecimiento de materia prima y ahorrar energía
- Al tener la fosfatación en operación, esta inestabilidad provoca paradas y arranques difíciles de asimilar por los procesos químicos que conlleva la operación. La nueva estrategia elimina esta situación.
- El proceso de fosfatación impone trabajar entre 60-65°Bx. Eliminada la fosfatación el Bx se puede elevar permitiendo un importante ahorro energético para la refinería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Delgado, I; Lengen, J. 2016. Nuevo adsorbente para mejorar la reducción del color y la turbidez con pérdidas de proceso reducidas. Documento SIT #1130.
- Delgado, I; Langen J; Canales M; Belcher, B. 2018. El uso de adsorbentes multifuncionales como pretratamiento mejor el rendimiento de la columna CAC. Documento SIT # 1183.
- Delgado, I; Canales, M; González, F; García, A; Mejía, M.C; y Ortiz, J. A. 2018. Eliminación de la clarificación en la fabricación de azúcar refino. XI Congreso ATALAC. Cali. Colombia.



GUATEMALA 2023

CONGRESO XXII ATACA · XV ATAGUA

CAÑA DE AZÚCAR

CULTIVANDO UNA TECNOLOGÍA AVANZADA EN LA REGIÓN



SOSTENIBILIDAD



INNOVACIÓN



TECNOLOGÍA



COMPETITIVIDAD

Del 7 al 11 de agosto del 2023, se llevó a cabo el XXII CONGRESO DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE CENTROAMÉRICA -ATACA- y el XV CONGRESO NACIONAL DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA - ATAGUA-, en el hotel Casa Santo Domingo de Antigua Guatemala.

El objetivo de este congreso fue compartir información técnica, experiencias nuevas e implementación de tecnología moderna de alto impacto para mejorar la productividad de azúcar y mejorar la sustentabilidad de la agroindustria azucarera regional.

Se contó con la participación de 488 técnicos de diferentes países. Entre ellos: Alemania, Belice, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana y Guatemala.

La inauguración estuvo a cargo del Dr. Gerardo Espinoza Véliz, Presidente de ATAGUA y ATACA, quien expuso sobre la Evaluación de la Agroindustria Azucarera de Guatemala y el rol que tiene ATAGUA en la misma. El Lic. Miguel Paiz, Gerente de ASAZGUA, habló sobre la Agroindustria Azucarera como motor económico y desarrollo del país y la región. Seguidamente el Ing. Edgar René De León,

Ministro de Agricultura, habló sobre "El papel actual y futuro de la agroindustria azucarera en el desarrollo del país". La primer plenaria estuvo a cargo del Lic. José Orive, Director Ejecutivo de la OIA, quien expuso sobre las Tendencias del mercado e integración regional.



La participación de varios expositores tanto nacionales como extranjeros dieron realce al congreso, ya que expusieron temas de interés, basados en los últimos avances tecnológicos en diferentes áreas. De Brasil nos acompañaron: la Dra. Marcia Muton, Dr. Andrés Reis, Dra. Gabriela Ferraz, Dr. José Mollin y el Dr. Gian Carlo Oré. De México, el Dr. Andrés Bustamante, quien habló sobre el uso de los microorganismos. El Ing. Javier Peris de España, expuso sobre la Agricultura Sostenible. En la parte industrial se invitó a la Inga. Stephania Imbachi, quien expuso el tema de clarificación, y como la dextrana y fructuano afectan la fábrica.

Con el fin de que las empresas relacionadas a la agroindustria azucarera, dieran a conocer sus productos y servicios, se contó con un área de exhibición de stands, donde varias empresas tuvieron la oportunidad de presentar sus servicios a los participantes.

Se realizaron giras agrícolas e industriales, visitando los siguientes ingenios:

Ingenio La Unión: (Gira industrial)

El Ing. Alvaro Ruíz, dio la bienvenida a los participantes, quienes presenciaron un video institucional de dicho ingenio. Posteriormente se organizaron en grupos para hacer un recorrido por las instalaciones del ingenio donde pudieron observar: El sistema de Limpieza en Seco, uno de los sistemas innovadores de Ingenio La Unión y que ha permitido ahorro de agua en el proceso de la limpia de caña.

El Centro de Coordinación Agroindustrial que es uno de los centros de control más novedosos de Centroamérica, que permite la coordinación y colaboración de todas las operaciones del ingenio, brindando información en el momento preciso para la toma de decisiones. También observaron el montaje del tacho continuo Vertical y el nuevo proceso de la refinería.



Participación de varios expositores nacionales y extranjeros sobre temas basados en los últimos avances tecnológicos.



Empresas relacionadas a la agroindustria azucarera dieron a conocer sus productos y servicios.

Centro de Coordinación industrial.





▲ **Encargada de Soldadura**



▲ **Grupo en túnel de carga en bodegas de producto terminado.**

Ingenio Pantaleon (Gira Agrícola)

Ingenio Pantaleón abrió sus puertas para recibir a más de 100 visitantes a esta gira, donde la bienvenida la dio el Ing. Erick Corado. Los participantes tuvieron la oportunidad de ver a través de un video institucional un resumen de las actividades que desarrolla el ingenio y obtener sus productos y subproductos de la caña de azúcar.

Los participantes que asistieron a esta gira, tuvieron la oportunidad de visitar las instalaciones de la planta Ferteco, donde elaboran fertilizante para aplicación en caña de azúcar con buenos resultados, ya que aporta alto contenido orgánico al suelo y aumenta el contenido de biomasa en la caña de azúcar. También se les mostró la siembra mecánica y mini mecánica, y por último vieron en operaciones la cosechadora de doble surco.

Ingenio Trinidad (Gira Industrial)

La bienvenida la dio el Lic. Sergio Palma. Se presentó el video institucional del ingenio. Posteriormente se impartieron las siguientes charlas técnicas:

- *Histórico de resultados*
- *Optimización de costos*
- *Buenas prácticas del mantenimiento y su impacto en la operación*
- *Disminución de tiempos perdidos*
- *Sistema de limpieza en seco*

Se realizó un recorrido por las siguientes áreas:

Patio de caña, molinos, laboratorio de caña, energía y bodegas de producto terminado.



Los participantes recibieron la bienvenida por parte del Ing. Alvaro Ruíz y posteriormente se organizaron en grupos para visitar las siguientes áreas.

- **Banco de Semilla:** donde tienen diferentes variedades de semilla de caña.
- **La Planta de tratamiento de semilla:** En esta área la semilla recibe tratamiento térmico. Se clasifica en semilla para renovación o semilla comercial.

Los asistentes a esta gira pudieron observar el programa de inclusión de la mujer en los frentes de cosecha y re siembra así como en las diferentes labores agrícolas. También el método de siembra de 1.40 de distancia entre surcos. Cabe mencionar que ingenio La Unión fue quien introdujo este sistema a Guatemala.



Ingenio Madre Tierra: (Gira agrícola)

El Ing. Oscar Montenegro dio la bienvenida a 100 participantes, nacionales e internacionales que asistieron a la gira de Ingenio Madre Tierra, donde se mostraron específicamente la "Adopción de variedades CG's" y los resultados de producción en caña plantía que obtuvo el ingenio respecto al último corte (23% de incremento, 114 TCH Ingenio Madre Tierra vs 110 TCH Agroindustria).

Este resultado basado en el informe de productividad de CENGICAÑA.



▼ **Identificación del ensayo regional**

Presentación de Resultados de las variedades CG's. Ing. José Víctor Gómez. Jefe Departamento de Investigación, Variedades y Plagas. Ingenio Madre Tierra





Los encargados de organizar esa gira decidieron visitar dos ensayos regionales con 6 variedades CG's con 3 repeticiones que fueron replicados en finca Palmira (representando condiciones de zona media) y finca La Barranquilla (representando condiciones de zona baja-litoral). No solo mostraron el programa de variedades sino también algunas prácticas sobresalientes que Ingenio Madre Tierra implementó por la búsqueda de resultados de excelencia en caña plantía.

Al finalizar las giras todos los participantes fueron trasladados a las instalaciones de Finca San Bonifacio de Ingenio Pantaleon, donde se les recibió con un almuerzo y tuvieron la oportunidad de compartir con algunas casas comerciales que expusieron maquinaria en dicho lugar.

ATAGUA hizo entrega de un reconocimiento a cada ingenio por el apoyo brindado en la organización de las giras de este congreso, las cuales fueron de mucha calidad, muy productivas y llenaron las expectativas de cada participante.

El congreso fue exitoso ya que, a pesar de ser centroamericano, captó la atención de muchos técnicos a nivel latinoamericano y cumplió con las expectativas de la Junta Directiva de ATAGUA.





CONGRESO XXII ATACA - XV ATAGUA

CAÑA DE AZÚCAR

 CULTIVANDO UNA TECNOLOGÍA AVANZADA EN LA REGIÓN

Empresas que participaron en el Congreso ATACA-ATAGUA 2023

