

TITULO: LABORATORIO DE CRISTALOGRAFIA, INNOVACION QUE GENERA IMPACTO EN LA EFICIENCIA DE FABRICA.

AUTOR: ING. YONDER ARAYA SOLORZANO. yaraya@cutres.com.

RESUMEN:

Con el avance de la tecnología, es posible incorporar a nuestros procesos productivos nuevas herramientas que nos permitan tomar decisiones cada vez en forma más oportuna. El laboratorio de Cristalografía es una de estas herramientas que generan información muy valiosa para tomar decisiones en el área de cristalización y mejorar los procesos asociados a la recuperación y eficiencia en área de tachos.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar el cambio obtenido en un Ingenio pequeño del norte de Costa Rica, con el uso de esta herramienta. El antes y después del laboratorio de cristalografía generó resultados muy importantes en la eficiencia de fabricación, documentados y que lograron mayor recuperación de azúcar al final del proceso y una disminución significativa en la producción de mieles.

Existe una variable que es fundamental en los procesos de cristalización y centrifugación que es el Coeficiente de Variación (CV). El control del CV en dichos procesos genera una mejora significativa en el manejo de aguas en los procesos de centrifugado y por ende una menor dilución de azúcares, reduciendo así las purezas de las respectivas de las mieles y por tanto una mayor recuperación de azúcar.

El laboratorio de cristalografía no solamente es responsable de la medición de tamaños de cristales y su CV, sino que juega un papel fundamental en el proceso de cristalización inicial, controlando no solo la cantidad y calidad del polvillo inicial (Semilla), sino las condiciones de las mieles de preparación que servirán de material inicial en proceso de cristalización, así como en la posterior alimentación del tacho.

Los principales resultados muestran, los resultados globales de dos zafros completas: zafra 2016 en la cual no se contaba con el Laboratorio de cristalografía y el 2017 donde se implementó el área de Cristalografía asociada al laboratorio de proceso.

Los resultados de ambas zafros son mostrados en el cuadro 1.

PERDIDAS % EN CAÑA	Z 2016	Z 2017	DIFERENCIA	KG/Tons
POL % EN CAÑA	12,704	12,753	0,049	0,49
POL % RECUPERADO (RTO)	10,726	10,986	0,26	2,6
PERDIDA TOTAL % CAÑA	1,977	1,767	-0,21	-2,1
PERDIDA MIEL FINAL %CANA	1,178	0,915	-0,263	-2,63
PRODUCCION DE MIEL Kg/Tons	40,64	32,34	-8,3	
BRIX de la Miel Final	83,72	82,36	-1,36	

Cuadro 1: Principales resultados de recuperación y pol% de ingreso a fabrica, asi como producción de miel final en el proceso.

A partir de esta información y con las Tons y precios promedios del valor de azúcar en Costa Rica, es posible establecer el impacto económico a partir de esta recuperación. En el cuadro 2 se muestran los resultados.

DIFERENCIA EN PERDIDA MIEL FINAL	2,63	Kg/Tons
TONS DE CAÑA MOLIDA	224.054,40	TONS
Kg de Azucar Recuperados	589.263,07	kg de Azucar
PRECIO PROMEDIO	\$ 0,49	\$/Kg
DINERO RECUPERADO EN MIEL FINAL	\$ 286.945,50	\$\$

Cuadro 2: Resultados económicos del efecto de recuperación, con la utilización de Laboratorio de cristalografía, durante la zafra 2017.

Cabe destacar que ambos años son comparables, dado que las calidades de materia prima son similares para el 2016 y 2017, considerando además que el principal cambio entre una zafra y la otra fue la implementación del Laboratorio de Cristalografía.

Dentro de las ventajas principales de contar con un Laboratorio de Cristalografía se encuentran:

1. Supervisión del trabajo de Tacheros, ya que cada masa que sea descargada tendrá un análisis que revela la calidad de su trabajo. Esto genera inicialmente cierta resistencia, pero si es bien encausada se convierte en una herramienta fundamental para ellos.
2. Seguridad e información correcta de la semilla o polvillo de cristalización, así como poder realizar modificaciones según sea la calidad de los materiales que se tengan para cristalizar.
3. Disminuye la cantidad de agua requerida en las continuas y centrifugas: Cristales mas homogéneos, tiene mayor facilidad de purga y requieren menos lavado.
4. Reduce la producción de mieles: Al reduce la recirculación de mieles, por menor uso del agua en centrifugas, la casa de cocimientos maneja menores niveles de mieles y por tanto hay mayor capacidad en el piso.

5. Evita la reproducción de masas: Al manejar adecuadamente la cantidad y tamaño de cristales, se reduce la probabilidad de *masas escasas* y por tanto el riesgo de reproducción.
6. Mejora la calidad del Azúcar: El cristal homogéneo, permite no solo una centrifugación más eficiente, sino que logra una mejor calidad en el producto final (color).
7. Mayor control en la preparación de mieles, logrando una disminución en la viscosidad de los materiales y por tanto un mejor crecimiento de cristales.

Como conclusión de este trabajo, se logra determinar el impacto del Laboratorio de Cristalografía en la recuperación y eficiencia de fabricación, a través de la cuantificación económica del cambio de una zafra a otra considerando esta herramienta de trabajo.

INTRODUCCIÓN:

Una de las innovaciones más importantes en los últimos años en el sector azucarero, corresponde a la medición de la homogeneidad de los cristales de azúcar en las diferentes plantas. Esta posibilidad se ha facilitado con la implementación de Laboratorios de Cristalografía en las fábricas azucareras. A pesar, que no todos los Ingenios han designado las mismas funciones en dichos Laboratorios, los efectos de medir y controlar los tamaños de cristal y su Coeficiente de Variación (CV), han permitido organizar el piso de tachos y lograr mejores resultados de eficiencia en la recuperación de azúcar.

El laboratorio de Cristalografía, cuenta básicamente con dos cámaras de alta resolución para un sistema de cómputo que permite procesar imágenes y convertir dicha imagen en información muy valiosa para la toma de resultados.



Con ayudas de cámaras de alta resolución, es posible tomar fotografías de muestras puntuales de cualquier material: desde semilla de cristalización hasta masas A, y con ayuda

de un Software, lograr determinar rangos de tamaños de cristales que son medidos en su ancho y largo, para establecer no solo la dimensiones físicas de los cristales, sino también su homogeneidad, mediante el cálculo del CV. Estas fotografías e información permite organizar la información para que pueda ser analizada fácilmente.

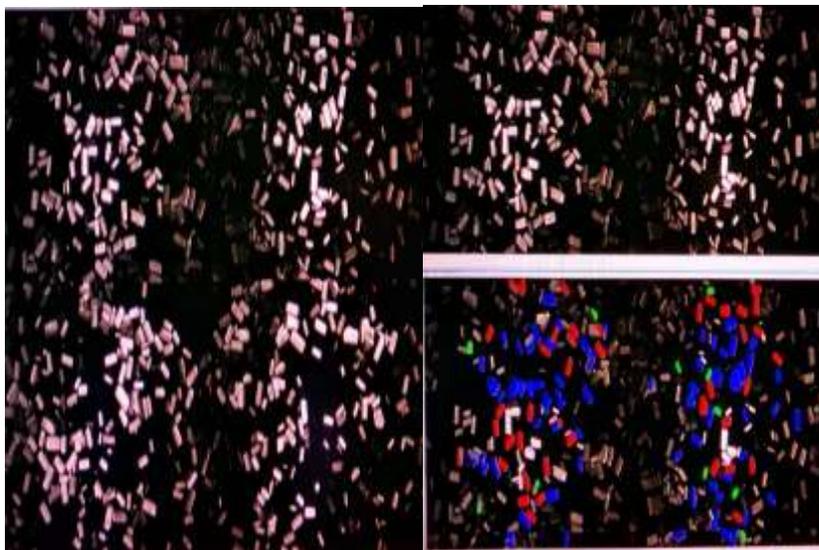


Figura 1: Imágenes de cristales de masa A.

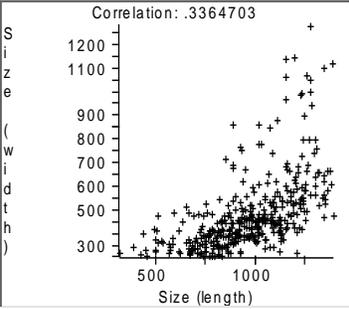
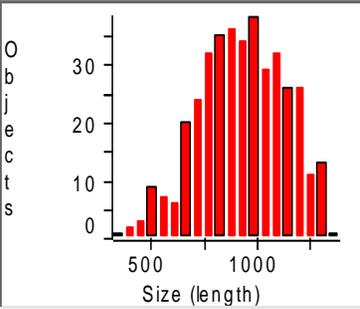
Con la información generada por el Software, es posible organizar dicha información y obtener estadística que permite establecer el valor promedio de tamaño de los cristales y el CV.

ESTADISTICA			
Stats	Size (length)	Size (width)	
Min	316,77	300,09	
(Obj.#)	9606,00	3808,00	
Max	1394,94	1271,68	
(Obj.#)	6567,00	8869,00	
Range	1078,17	971,60	
Mean	966,60	479,70	2,02
Std.Dev	217,55	159,81	
Sum	372140,09	184684,53	
Samples	385	385	
CV	22,51%	33,31%	

Cuadro 1: Información estadística, generada a partir de las imágenes.

Además el sistema indica la cantidad de cristales que son medidos por la imagen y los clasifica según el rango, determinando cuantos están en el rango deseado o optimo, cuantos son más pequeños que los deseados y cuantos son mayores, información que puede ser vista por gráficos de correlación o histogramas.

Class	Objects	% Objects	Mean Size (length)	Mean Size (width)	(Range of... Size (length))	...Size (leng Size (width))
1	11	2,86	451,78	349,79	300	510
2	39	10,13	643,81	367,85	510	720
3	120	31,17	835,38	407,81	720	930
4	125	32,47	1036,76	477,36	930	1150
5	90	23,38	1246,91	643,15	1150	1400
total	385					

C. CORRELACION			HISTOGRAMA			
						

Cuadro 2: Histogramas, e información por rangos de tamaño de cristales para la masa A.

Toda esta información generada a partir del registro fotográfico, permite a los responsables de calidad así como a los operarios del piso de tacho, valorar el trabajo de las templas realizadas, ya que no solo saben cual es el tamaño de los cristales obtenidos, sino también que tan parecidos (homogéneos) son. Esta valoración conocida como CV, es fundamental para mejorar la eficiencia o recuperación en esta área de la fábrica.

De igual forma es posible observar las diferencias de una masa con un tamaño adecuado y homogéneo de una más con problemas de cristales alargados, ya sea por la calidad de materia prima o problemas de sanitización durante el proceso, los cuales tienen un efecto visible en la forma y CV de los cristales en las diferentes templas.

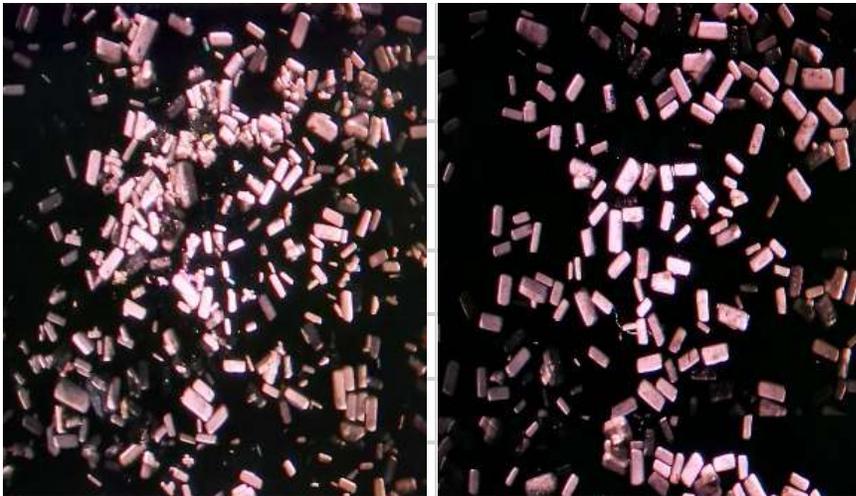


Figura 2: Diferencias en masas de tercera, entre una templa con presencia de dextranas y una masa con materia prima de mejor calidad.

En cualquier caso cuando se cuenta con cristales de alto CV (Cristales disperejos), la consecuencia inmediata es que hay una mayor dificultad para lograr la purga de estos cristales en las centrifugas y continuas. Esta dificultad de purga ocurre por un fenómeno de "taponamiento" en la cual los cristales mas finos bloquean los orificios entre los cristales de tamaño parecido y dificultan la purga de la miel. En la figura 3, se muestra en forma esquemática este efecto.

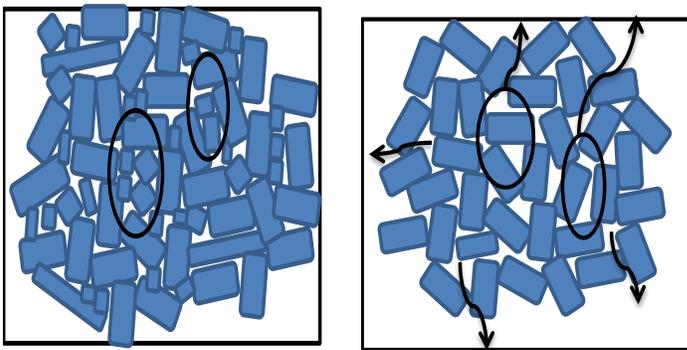


Figura 3: Efecto de taponamiento por cristales de diferentes tamaños, alto CV.

Este fenómeno, provoca por lo general el empleo de más agua, que genera una fundición de una parte de estos cristales (más finos), un incremento en la pureza de la miel y por tanto una disminución en la recuperación de solidos de la templa.

A través del SJM, es posible medir la recuperación de las masas, así como evaluar económicamente su efecto. Estos efectos económicos pueden ser calculados a través de la determinación de pérdidas en base a Cana, determinando las pérdidas de miel final.

De esta forma, con la ayuda de esta herramienta es posible mejorar los procesos de cristalización y el manejo de tachos, buscando obtener tamaños adecuados y homogéneos y de esta forma mejorar la recuperación.

OBJETIVO(S):

Objetivo General:

Mostrar el impacto que el Laboratorio de Cristalografía puede generar en la recuperación de azúcar y la eficiencia de fabricación un ingenio de 2,200 Tons/día de capacidad.

Objetivos Específicos:

- Explicar las principales variables resultantes del análisis de cristalografía.
- Mostrar como esta herramienta puede generar cambios importantes en los procesos de cristalización.
- Mostrar las diferencias en CV, cristales y recuperación cuando no se cuenta con materiales adecuados, sobre todo por manejo de cañas deterioradas o con problemas de polisacáridos.
- Determinar el impacto económico en la recuperación causado por un adecuado manejo de cristalografía en la casa de cocimientos.
- Mostrar la importancia del recurso fotográfico en el trabajo de tachos, y la importancia de la medición de la homogeneidad de cristales.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Como base de trabajo, se ha utilizado los resultados de los análisis del Laboratorio de Cristalografía y la experiencia en forma comparativa de los resultados obtenidos en la zafra 2016 y 2017, considerando que los pol % en caña de ambos años son muy similares y por tanto la calidad de materia prima se puede considerar similares en estas dos zafras. También es importante destacar que el cambio principal entre estas dos zafra fue la implementación del Laboratorio de Cristalografía.

Con la ayuda de los análisis de Cristalografía, y los resultados de las diferentes masas y mieles de una templa, es posible determinar las diferencias de recuperación obtenidas con un trabajo adecuado y los valores obtenidos cuando se trabaja a partir de materiales con problemas que complican el manejo de cristales uniformes, para ello se utilizó el cálculo de recuperación según la ecuación:

$$\text{Recuperacion SJM} = (S \times (J - M)) \div (J \times (S - M)) \times 100.$$

Por tanto, conociendo las purezas del azúcar (S), de la meladura correspondiente (J) y de la miel resultante (M), es posible, calcular la recuperación del área de tachos. Esta recuperación permite a su vez calcular el efecto económico, a partir de precios promedios entre un trabajo con templas homogéneas de adecuados valores de CV, y templas que por su condición requieren mayor cantidad de agua, generando un incremento en la pureza de Miel Final (M). Este incremento produce una reducción en la recuperación y por tanto una pérdida económica que es posible determinar.

Por otra parte es posible considerar el efecto global de todo el periodo de zafra, considerando el pol % Caña inicial al ingreso de la fábrica y determinando la recuperación final (Rendimiento Industrial), así como las pérdidas asociadas a la miel final. Utilizando los resultados de las zafra 2016 y 2017, se logra establecer una diferencia y con ello el impacto del valor económico de ambos años. Como se indicó anteriormente no se realizaron cambios en esta áreas, exceptuando la implementación del Laboratorio de Cristalografía, por lo cual es posible considerar que dicho Laboratorio es el principal responsable de los cambios generados en esta área del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cristales disparejos (templas de alto CV), correspondientes a una cristalización deficiente, provocan un aumento en la pureza de las diferentes mieles, y como consecuencia una disminución de la recuperación de sólidos. En el cuadro 1, se evalúan para dos semanas diferentes de zafra, la recuperación considerando condiciones de la semana 12, en la cual no se había implementado completamente el Laboratorio de cristalografía y la semana 14, donde se contaba con dicha herramienta y con materia prima de mejor calidad.

RECUPERACION DE PISO DE TACHO	semana 14	semana 12	
Pureza del Azucar (S) =	99,50	99,50	
Pureza de Miel final (M)=	32,87	34,89	
Pureza de Meladura (J) =	85,69	84,25	
Bx Masa A	92,54	91,89	
RECUPERACION = $S(J-M)/(Jx(S-M))$	0,9205	0,9023	0,0182
POL % CAÑA		12,45	%
DIFERENCIA EN RECUPERACION		0,0182	%
Kg/tons		2,2711	Kg/Tons
Efecto Economico / Tons		\$1,11	
Evaluacion en 1 semana		15400,0	tons
Efecto Economico		\$17.031,19	

Cuadro 1. Valores de recuperación de templas con diferentes resultados en la pureza de mieles y el impacto económico.

Como se observa en este cuadro, los resultados de recuperación, son afectados por diferencias en las purezas de meladura y de mieles finales. Cuando los cristales no son homogéneos (altos CV), es necesario el uso de más agua y por tanto más pérdida de azúcar. Así en este caso para dos condiciones diferentes se tiene una diferencia de 2,27 kg/Tons basado en esta recuperación, y por tanto se genera un impacto económico de \$17.031,19 en una semana.

De igual forma es posible cuantificar el efecto por las pérdidas de miel finales obtenidas en dos años diferentes, dado que en la zafra 2017 se logró implementar el Laboratorio de Cristalografía como principal cambio en la operación de la casa de cocimientos o piso de tachos. Como se muestra en el cuadro 2, en la zafra 2017, se logró reducir en forma importante la producción de miel final, a pesar que el Bx de esta miel fue inferior. Esta menor producción y la obtención de mejores purezas de dicha miel lograron una diferencia de pérdida en Miel final de 2,63 kg /Tons, valor muy significativo considerando que el Pol % en Caña de ambos años son muy similares.

PERDIDAS % EN CAÑA	Z 2016	Z 2017	DIFERENCIA	KG/Tons
POL % EN CAÑA	12,704	12,753	0,049	0,49
POL % RECUPERADO (RTO)	10,726	10,986	0,26	2,6
PERDIDA TOTAL % CAÑA	1,977	1,767	-0,21	-2,1
PERDIDA MIEL FINAL %CANA	1,178	0,915	-0,263	-2,63
PRODUCCION DE MIEL Kg/Tons	40,64	32,34	-8,3	
BRUX de la Miel Final	83,72	82,36	-1,36	

Cuadro 2: Calculo de kg de azúcar por el diferencia de perdidas en miel final, objetables a la implementación del Laborarlo de Cristalografía.

El cuadro 3, se muestra el impacto económico obtenido en una zafra completa, considerando los resultados finales de ambas zafras. Esto basado en las toneladas totales molidas y los precios promedios recibidos por la fábrica.

DIFERENCIA EN PERDIDA MIEL FINAL	2,63	Kg/Tons
TONS DE CAÑA MOLIDA	224.054,40	TONS
Kg de Azucar Recuperados	589.263,07	kg de Azucar
PRECIO PROMEDIO	\$ 0,49	\$/Kg
DINERO RECUPERADO EN MIEL FINAL	\$ 286.945,50	\$\$

Cuadro 3: Impacto Económico, calculado a parte de las perdidas % Caña de miel final.

Como se observa en este cuadro en la zafra 2017 se lograron recuperar \$286.945,50, respecto a la zafra 2016. Esto a partir de un mejor manejo del piso de tachos, que genero una reducción en la producción de miel final y una consecuente disminución de las perdidas en la miel final.

Como se muestran en los valores anteriores, la implementación del Laboratorio de Cristalografía, genero ahorros importantes, por las mejoras operativas, que lograron aumentar la eficiencia del piso de tachos. Esta mejora en eficiencia se atribuye a mejor calidad del tamaño y homogenidad de los cristales, mejor manejo de la preparación de mieles y aumento en las caídas de Nusht de las diferentes templeas. Esto efectos anteriores reducen la cantidad de agua necesaria en continuas y centrifugas, disminuyendo las purezas de las mieles y por tanto aumentando la recuperación de azúcar en esta etapa del proceso.

CONCLUSIONES:

Las conclusiones más importantes del presente trabajo son:

1. El laboratorio de Cristalografía, representa una herramienta muy valiosa en el control de CV y tamaños de cristales, variables que tienen un impacto directo en la recuperación de azúcar y por ende en la producción de mieles.
2. En el caso de Cutris, la variación en las pérdidas de miel final de la zafra 2017 respecto a 2016, corresponde a 2,63 kg/Tons de caña, aspecto que es comparable ya que los contenidos de azúcar y calidades de caña en ambas zafras fueron muy similares. Por tanto el análisis de cristalografía es el principal responsable en la disminución de dicha pérdida en la miel final.

3. Este recurso fotográfico, permite ordenar los procesos desde la cristalización misma, al mismo tiempo que provee de información muy valiosa para los tacheros en el manejo de las templas.
4. El adecuado manejo de tamaños y CV en las diferentes templas reduce la producción de mieles en todas las templas, aspecto que permite desahogar el piso de tachos y aprovechar dicho espacio ya sea logrando moler mas o mejorar el proceso de preparación de mieles, con los beneficios que esto representas.
5. El adecuado manejo de esta herramienta, logro en el caso de Cutris una mejora de Recuperación de azúcar, lo cual representa un ahorro económico a los valores actuales de azúcar en nuestro país de \$286.945 valor que justifica las inversiones realizadas con la instalación de dicho laboratorio y la operación del mismo.
6. El Laboratorio de Cristalografía, tiene en el caso de Cutris la responsabilidad de monitorear las caídas de Nusht de todas las templas, revisar la preparación de mieles, y verificar la calidad de la semilla inicial en la cristalización. Estas funciones, sumadas a la determinación de tamaños y CV de las diferentes templas, marcan una diferencia muy importante que se refleja en la eficiencia global.
7. El laboratorio de cristalografía, resalta el trabajo de los operarios de tachos y al mismo tiempo se convierte en un supervisor, comprometiéndolos a realizar un adecuado manejo de los procesos, con el consecuente mejora en la recuperación y eficiencia de la fábrica.

LITERATURA CITADA.

- ✓ ARAYA, S YONDER 2016. Charla Impacto de la materia prima en la eficiencia y recuperación de la fabrica.
- ✓ SPENCER, G, 1918. Septima Edicion. Manual de azucar de Cana y Quimicos Azucareros. p: 439/448. *Calculos Azucareros*: John Wiley & Son, New York.
- ✓ BOLANOS, E, de 2013. Informacion de Recuperacion de Solidos de Ingenios en Costa Rica, San Jose, Costa Rica. LAICA. ebolanos@laica.co.cr
- ✓ PENARANDA, J 2014. Seminario, Actualizacion de conceptos sobre Cristalización del Azucar. Liberia, Costa Rica.