

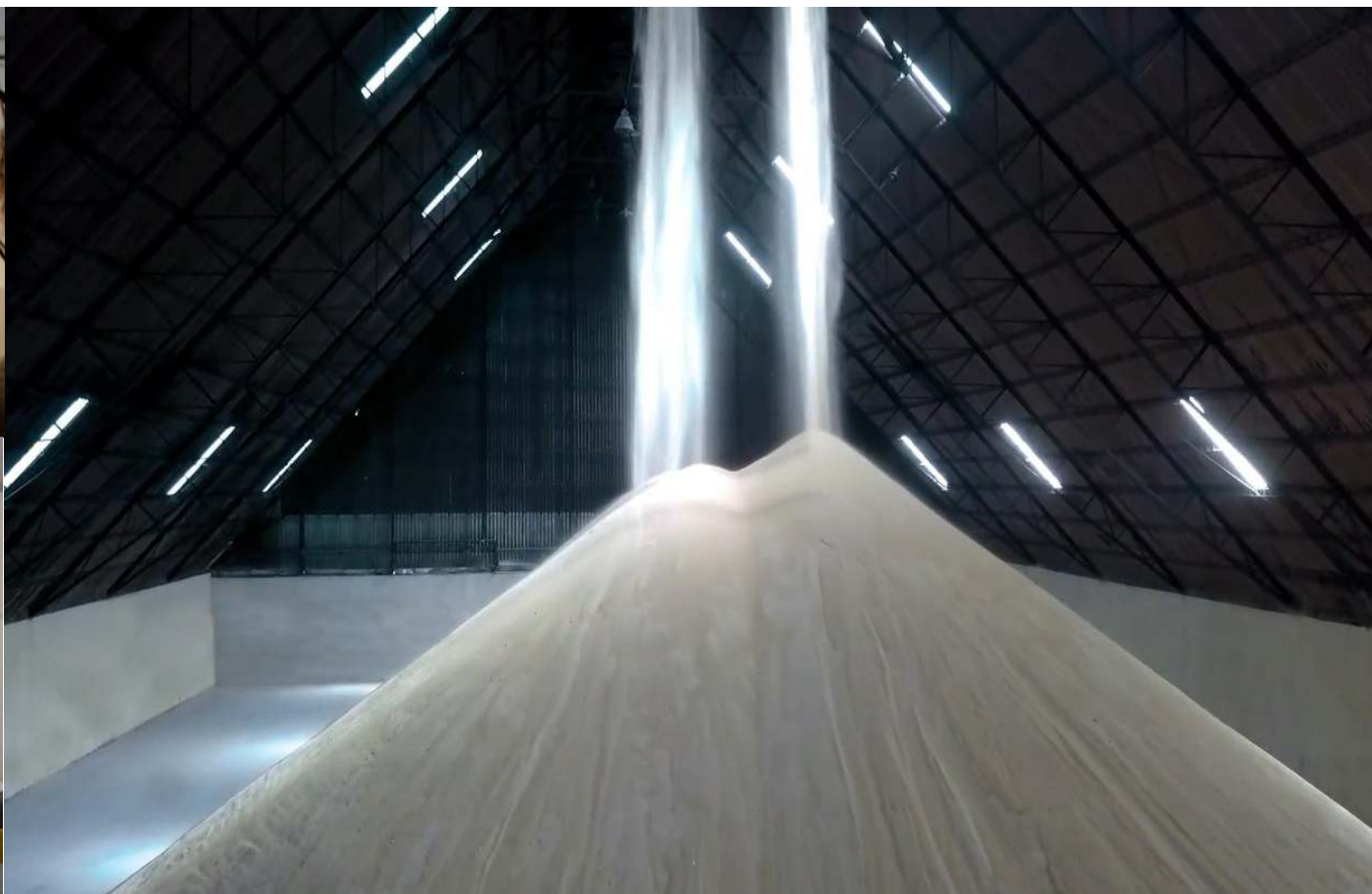
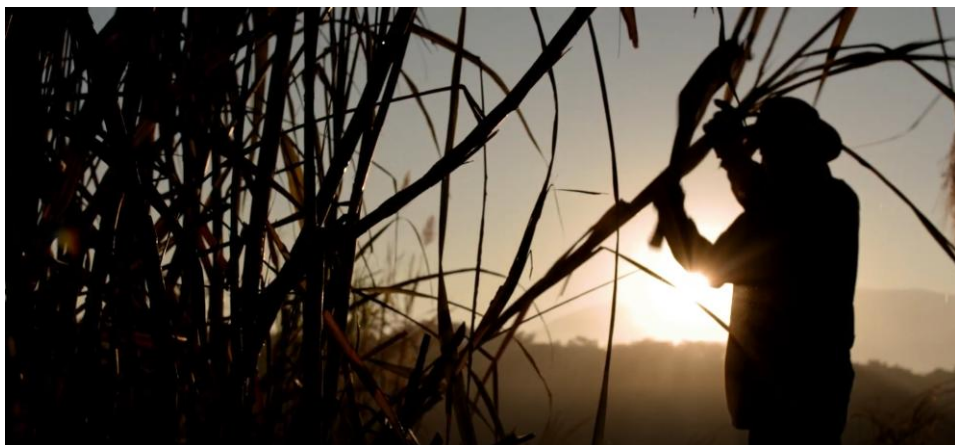


Grupo EL ÁNGEL

Somos más que azúcar

AZÚCAR • ENERGÍA • INNOVACIÓN AGRÍCOLA • INMOBILIARIA

# Factores que afectan la operación y el agotamiento en tachos



Grupo EL ÁNGEL

Somos más que azúcar

# INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de una fábrica de azúcar es lograr extraer la mayor cantidad de azúcar contenida en el jugo y mieles, siempre buscando la mejor calidad del grano y optimizando el uso de los equipos que se poseen.

La calidad y la extracción del azúcar empiezan desde una buena clarificación del jugo ( al igual de una buena clarificación de la meladura si se posee el equipo), luego el esquema de tachos y la operación de los mismos.

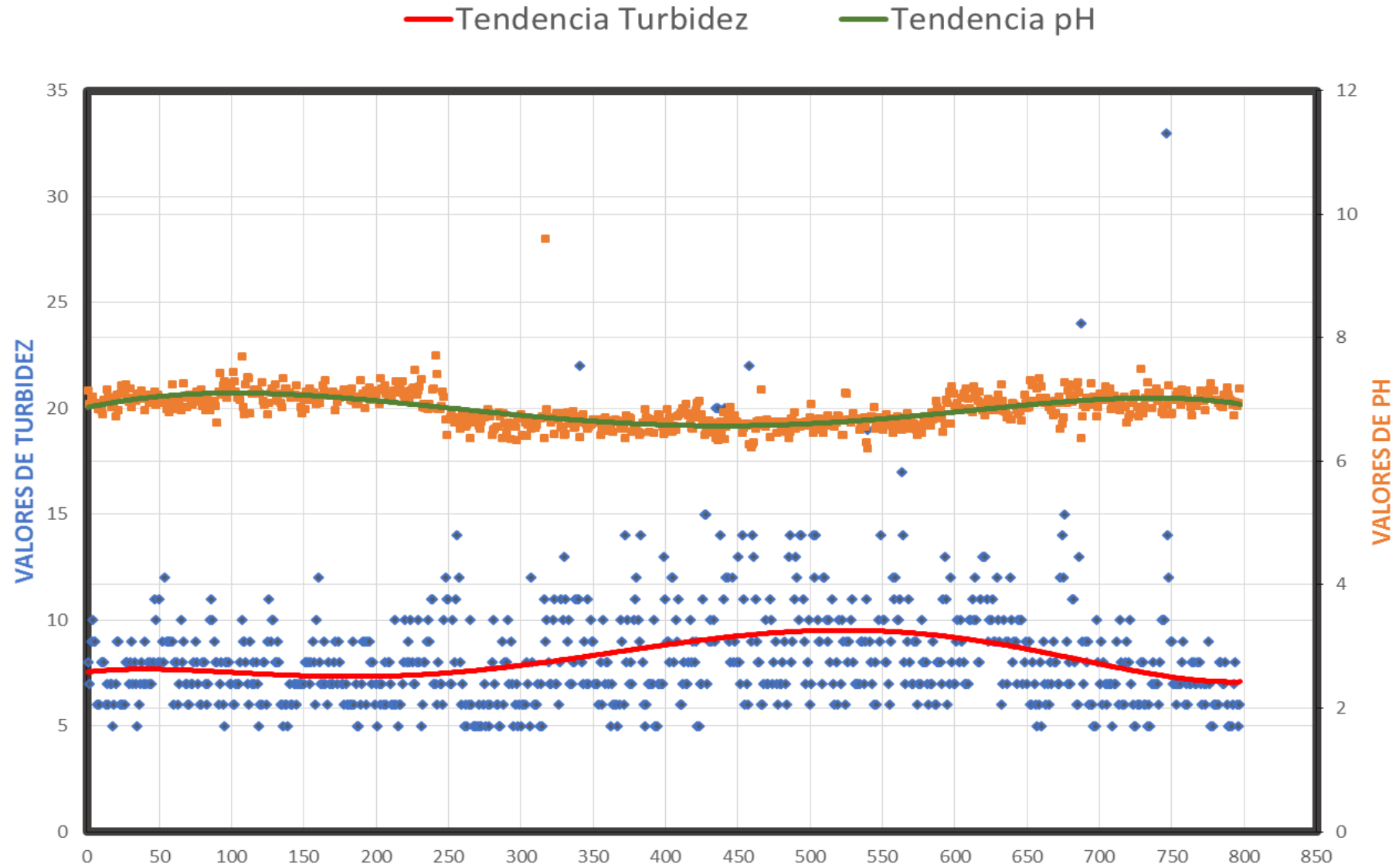
El agotamiento no solo se controla en el sistema de masas C ( mas bien sería una etapa final ), si no en cada uno de los cocimientos.

# Objetivos de la Clarificación

- Remover partículas coloidales y pigmentos.
- Remover impurezas(no azúcares), solubles como fosfatos y proteínas.
- Elevar el pH del jugo para minimizar la inversión del azúcar en el resto del proceso, esta elevación también promueve la reacción química entre el catión calcio  $\text{Ca}^{++}$  y el ión fosfato.
- Aumenta la calidad y la cantidad de azúcar obtenida, esto gracias a la reducción de pérdidas si utilizamos un clarificador rápido.

Una buena clarificación da como resultado una baja turbidez ( menor a 10 unidades), es claro que un buen control del floculante y la preparación del sacarato contribuye al buen desempeño del clarificador.

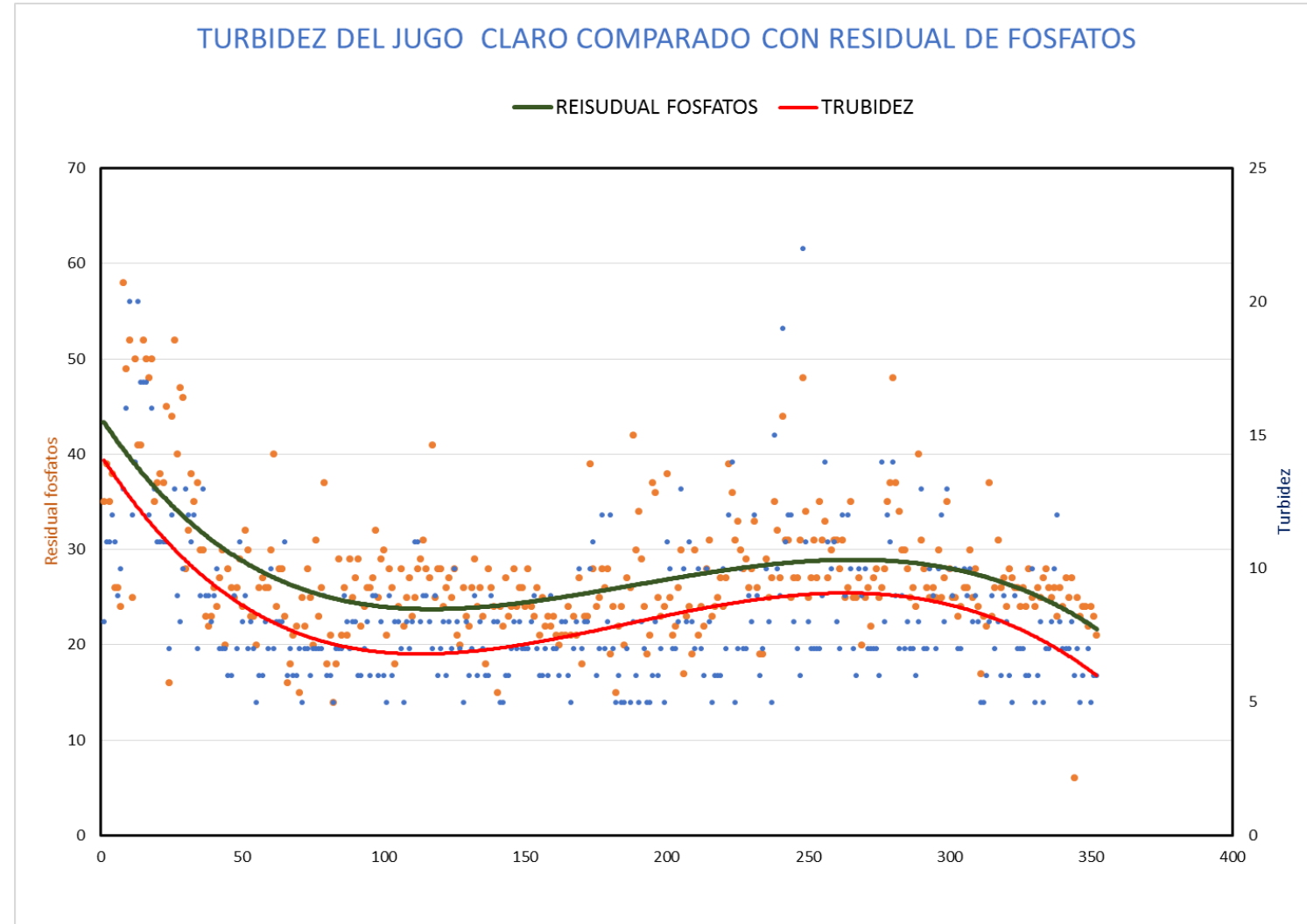
# RELACIÓN DE PH CON LA TURBIDEZ ZAFRA 2018-2019



# Efecto del ácido fosfórico en el jugo y adiciones de fosfato

incrementa la cantidad de ácido fosfórico en el jugo, la adición de ácido fosfórico permite clarificar mejor los jugos refractarios y por lo tanto es un mejorador efectivo del proceso de clarificación. Por lo general se requiere tener entre 200 a 300 mg de  $P_2O_5$ /kg jugo para lograr una buena clarificación. (Peter Rein).

El gráfico anexo muestra las ppm de ácido fosfórico residual, dando como evidencia que si no se tiene control tanto del pH como del ácido adicionado se obtiene un jugo menos clarificado.



# Clarificadores Tipo Multibandeja y Rápidos

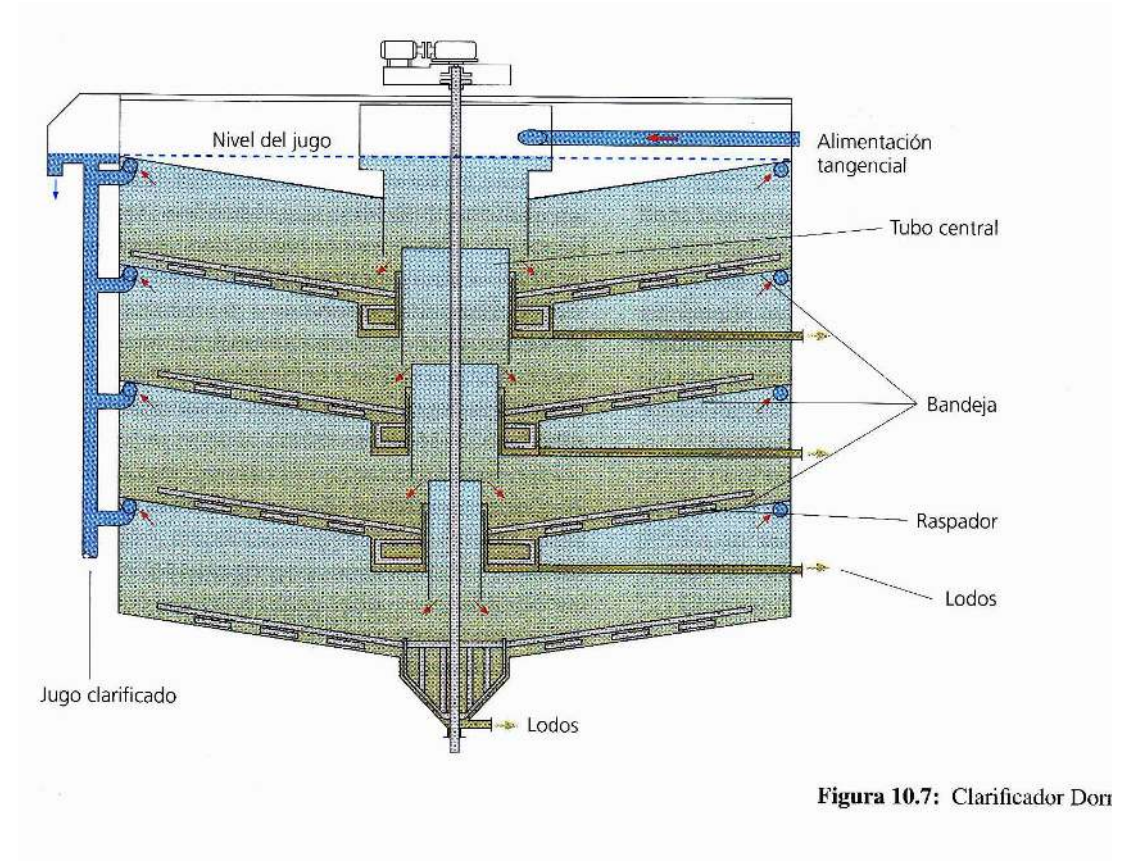
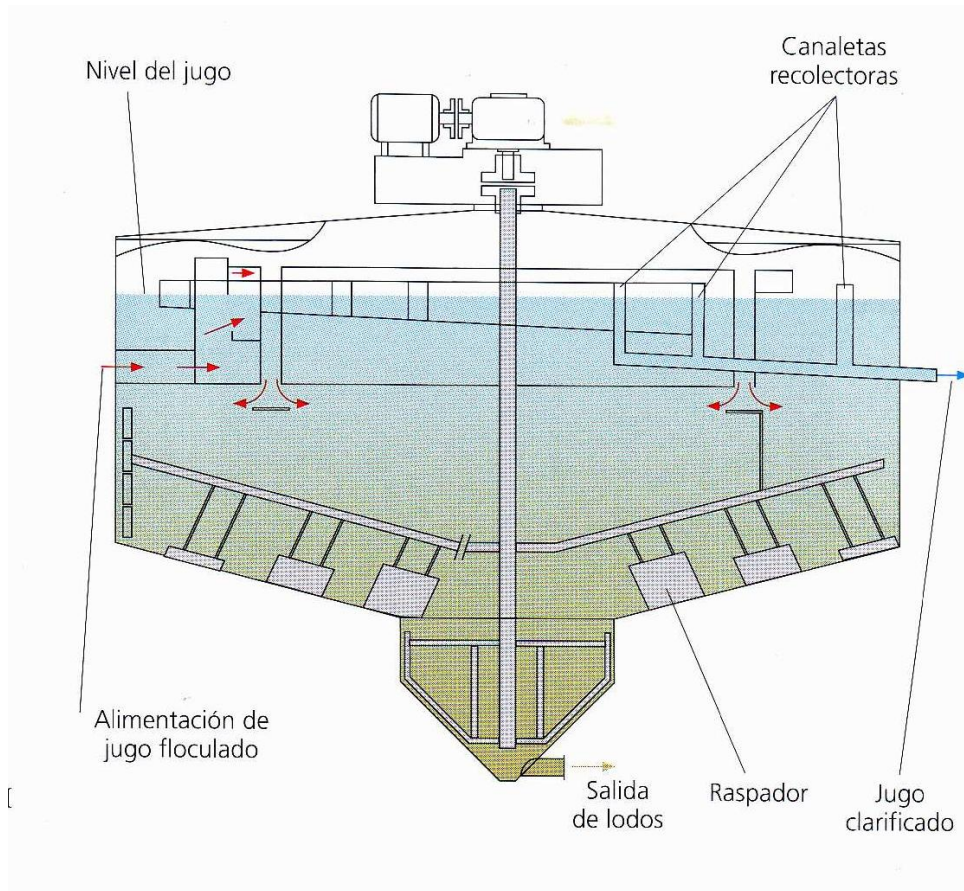


Figura 10.7: Clarificador Dorr

Fuente: Peter Rein

# Pérdidas en clarificadores

En los clarificadores existen pérdidas por inversión significativas que se incrementan a valores bajos de pH y con un tiempo de retención alto. Una ecuación de Vucov ( 1965) permite calcular de manera aproximada las pérdidas por inversión de sacarosa para un jugo con un brix de 15 . La ecuación está dada por:

$$L = \tau * e^{(-1.3823 - 2.994 * pH + 0.1142 * t)}$$

En donde:

L = pérdida de sacarosa por inversión en porcentaje.

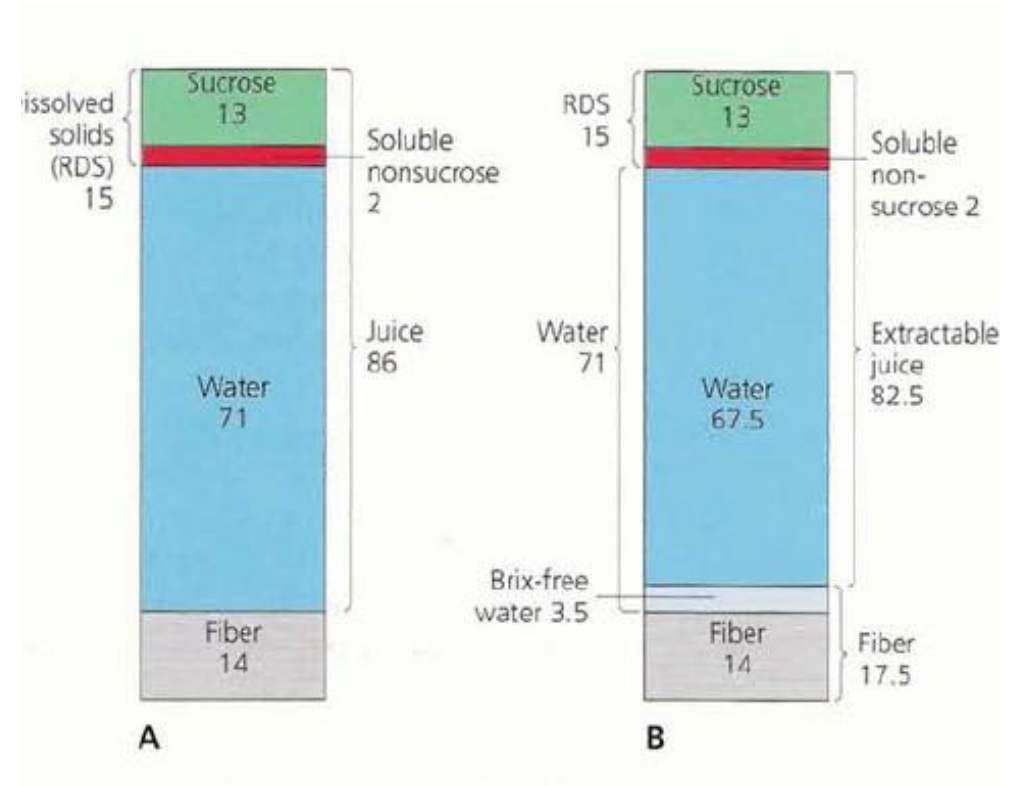
$\tau$  = tiempo de residencia en el clarificador en minutos.

pH = valor de pH a la temperatura en operación.

t = temperatura de operación en °C

# Presencia de no Azúcares

El efecto de las impurezas sobre la velocidad de crecimiento puede dividirse en 2 categorías. Una que predominantemente afecta la velocidad de crecimiento mediante la reducción de la velocidad de transferencia de masa debido a incrementos de viscosidad y disminución del coeficiente de difusión. Otra categoría reduce la velocidad del paso de incorporación a la superficie, ya que son adsorbidas en determinados puntos de la superficie del cristal. Estas últimas producen efectos marcados en la forma de los cristales ya que alteran las velocidades relativas de crecimiento de los diferentes pares de caras



Fuente: Peter Rein

**Dextrana:** Las dextranas no son compuestos propios de la caña, el contenido de estos polisacáridos en la caña es muy bajo o casi cero. Su formación ocurre por la acción de la enzima dextranasacarasa de microorganismos contaminantes que se alojan en la savia de la planta. Al formarse incrementa la viscosidad de materiales de fábrica, puede inhibir coagulación en clarificación, reducción de la velocidad de cristalización, Puede afectar secado y de azúcar

El efecto perjudicial de las dextranas comienza desde el momento en que estas se forman, ya que para ello se consume sacarosa de manera irreversible. Un estudio para evaluar tales pérdidas aportó que la presencia de 0.05% de dextranas en el azúcar crudo para su formación consumió 0.2 kg/t de azúcar o 0.02 kg/t de caña procesada

Efraín Rodríguez Jiménez



Laboratorio de Cristalografía IEA

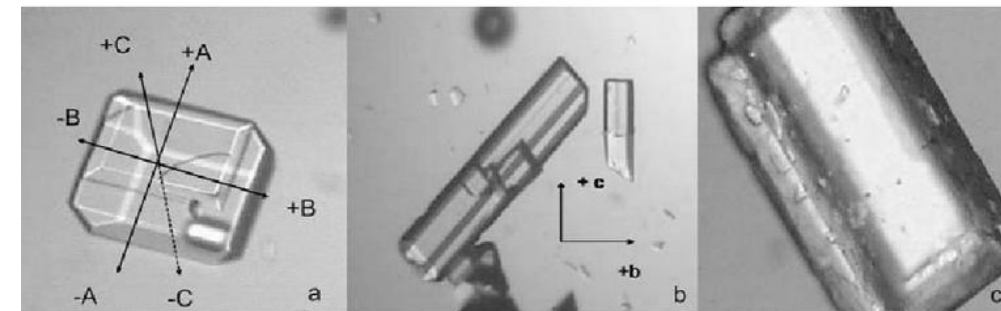
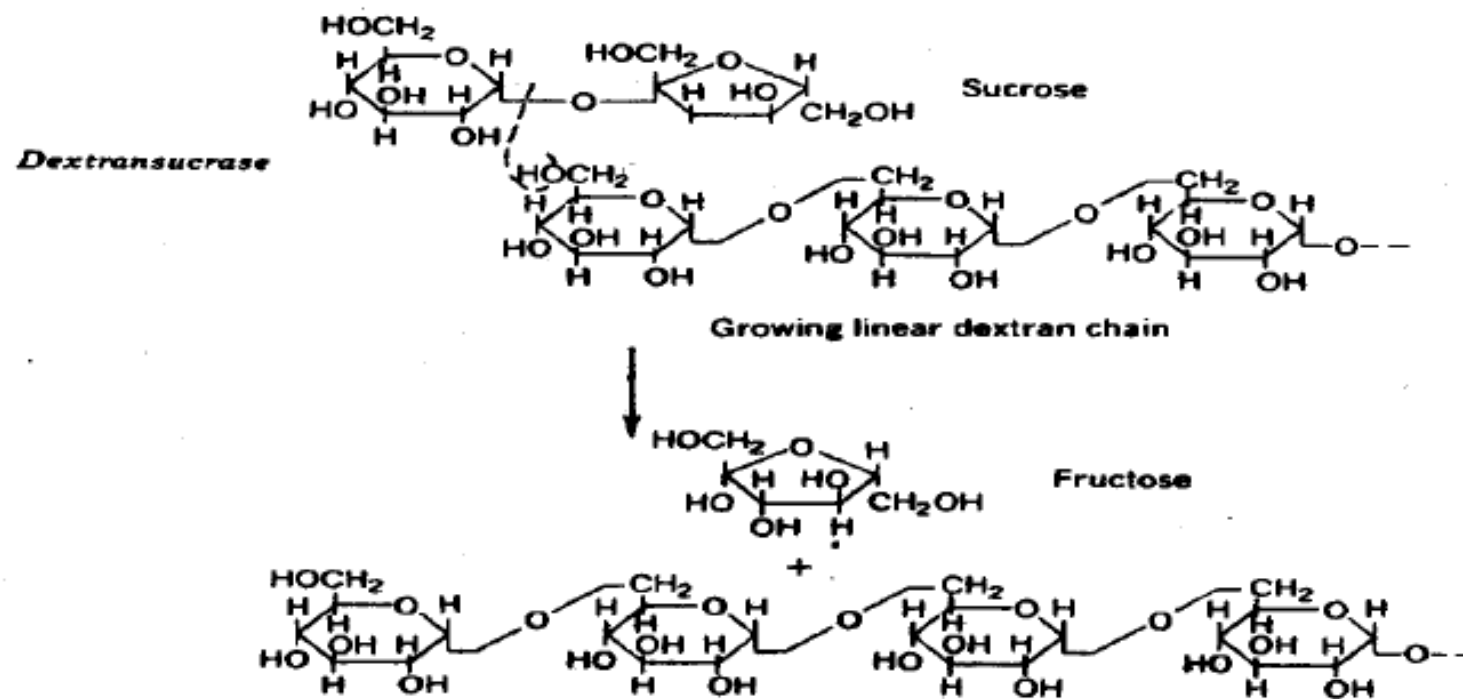
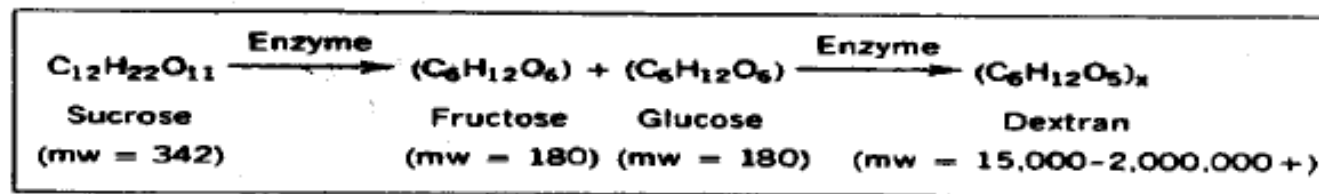


Fig. 14: Effect of dextran on the morphology of sucrose crystals, a) Normal crystal, b) Crystal grown in presence of dextran (needle crystal) and c) Impure particles on crystal surface (crystal grown in technical sucrose solution).

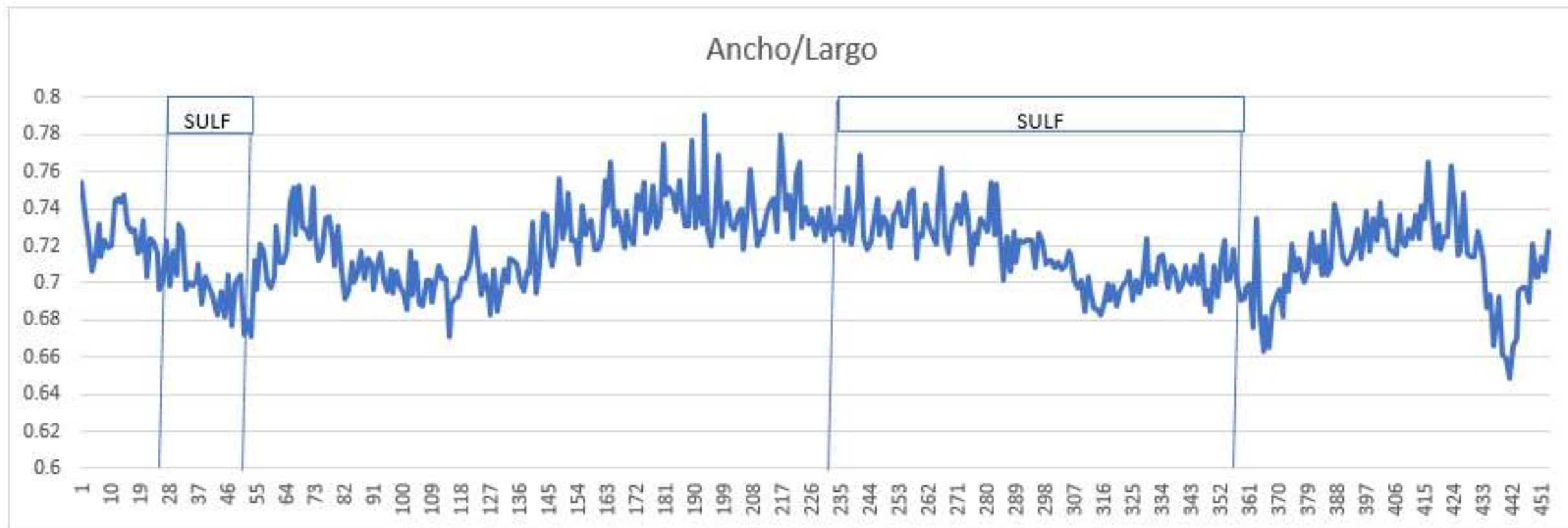
Semantic Scholar

# Hidrólisis de la sacarosa y formación de dextrana

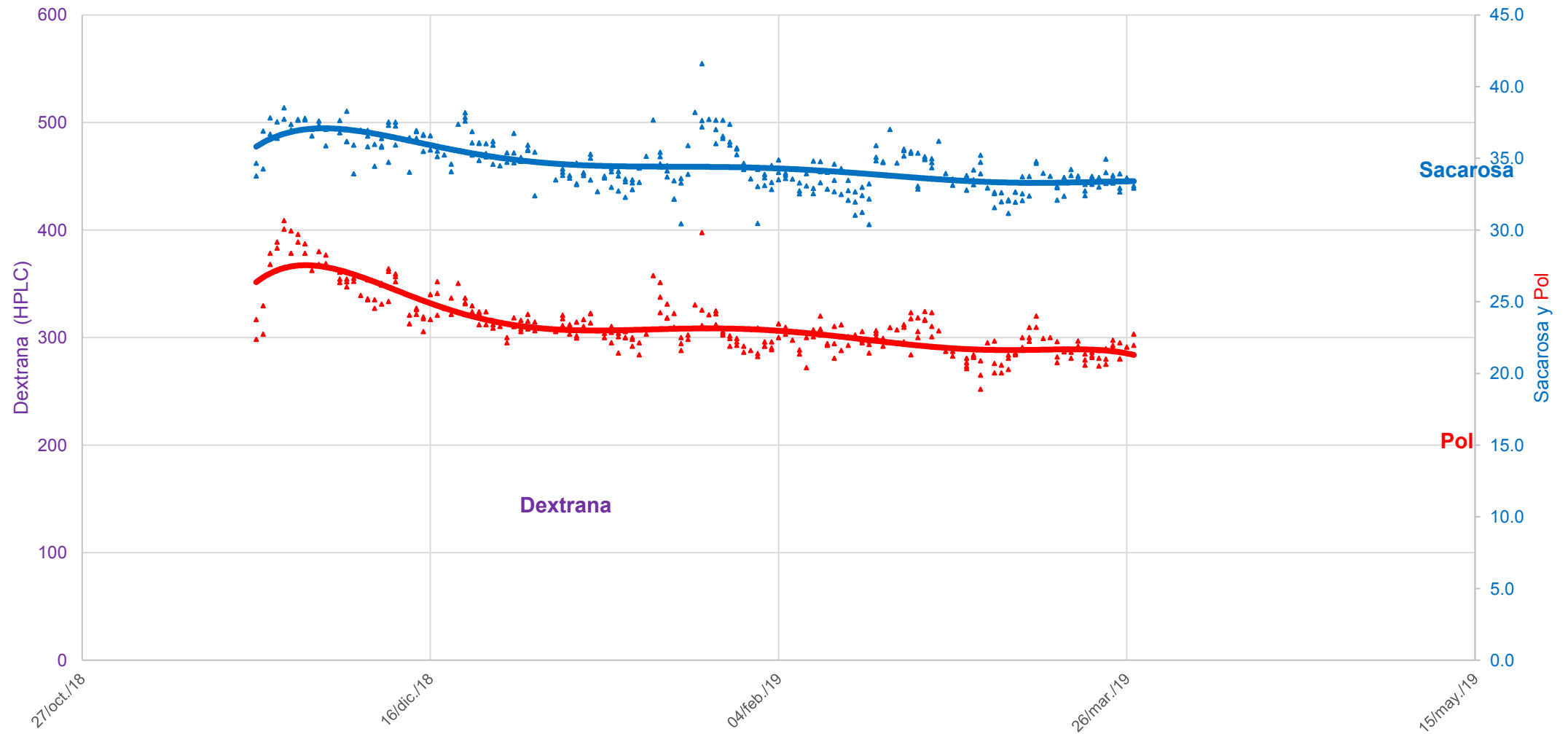


CHEN, J. C. P. and CHOU, 1993

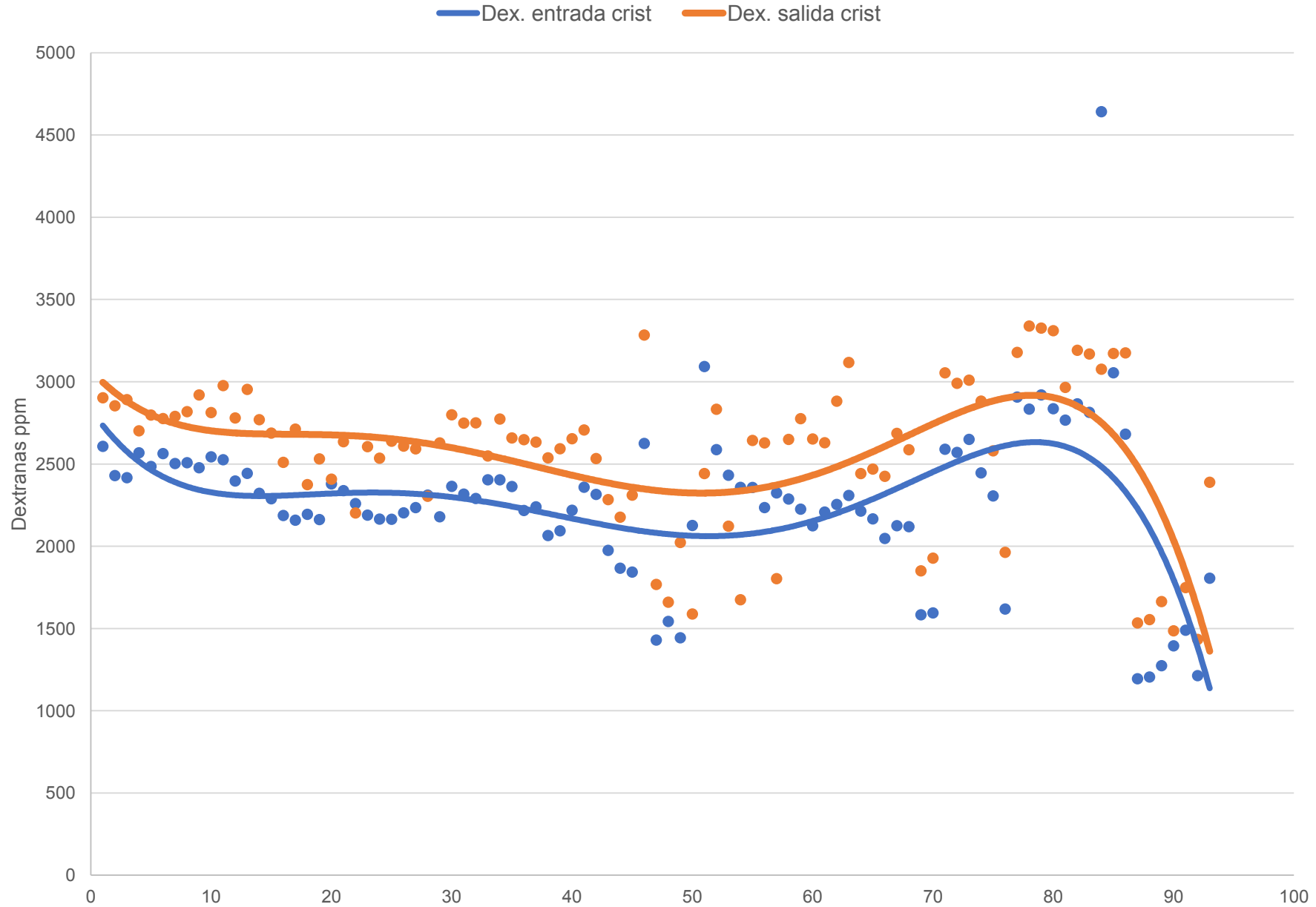
## Coeficiente A/L en cristal de masa C



## Dextranas en jugo mezclado zafra 2018-2019



# Dextranas en Masas C zafra 2018-2019



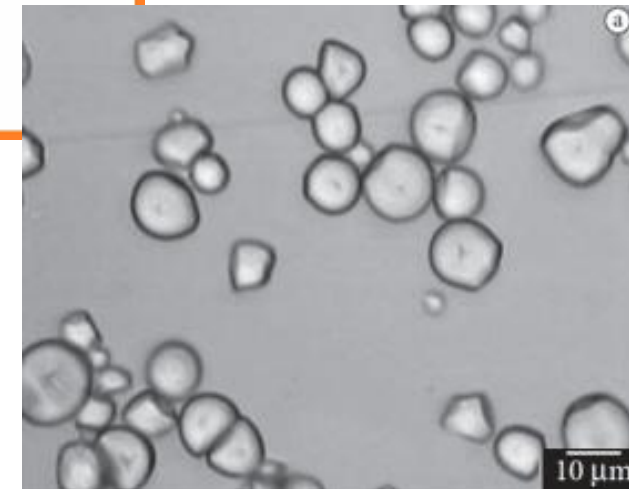
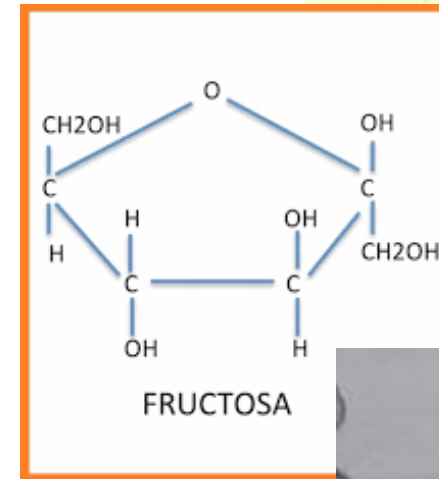
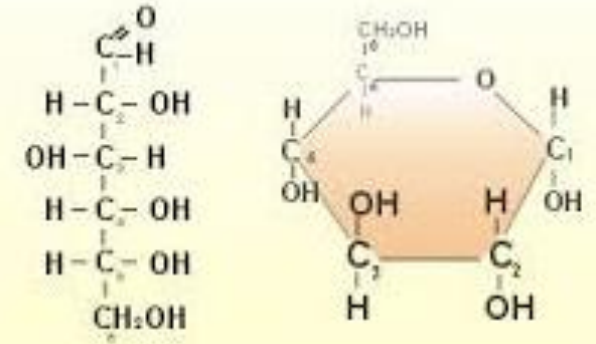
# Presencia de no Azúcares

**Monosacáridos:** Los más abundante son los glucosa y fructosa, conocidos como azúcares reductores

**Almidón:** El almidón es removido una parte en la clarificación, pero el remanente es suficiente para crear problemas en la cristalización y disminuir el agotamiento en las mieles. El almidón es ocluido en el cristal de sacarosa. Los problemas causados por el almidón se pueden evitar seleccionando bien la variedad en la caña. Durante el proceso es posible remover el almidón por floculación en frío o hidrólisis con enzimas.

**Cenizas:** cuando la melaza contiene una elevada concentración de minerales, especialmente, potasio, aumenta la retención de sacarosa en la melaza, causando pérdidas, el potasio es el mineral más abundante en el jugo (hasta un 60% de la ceniza).

## GLUCOSA



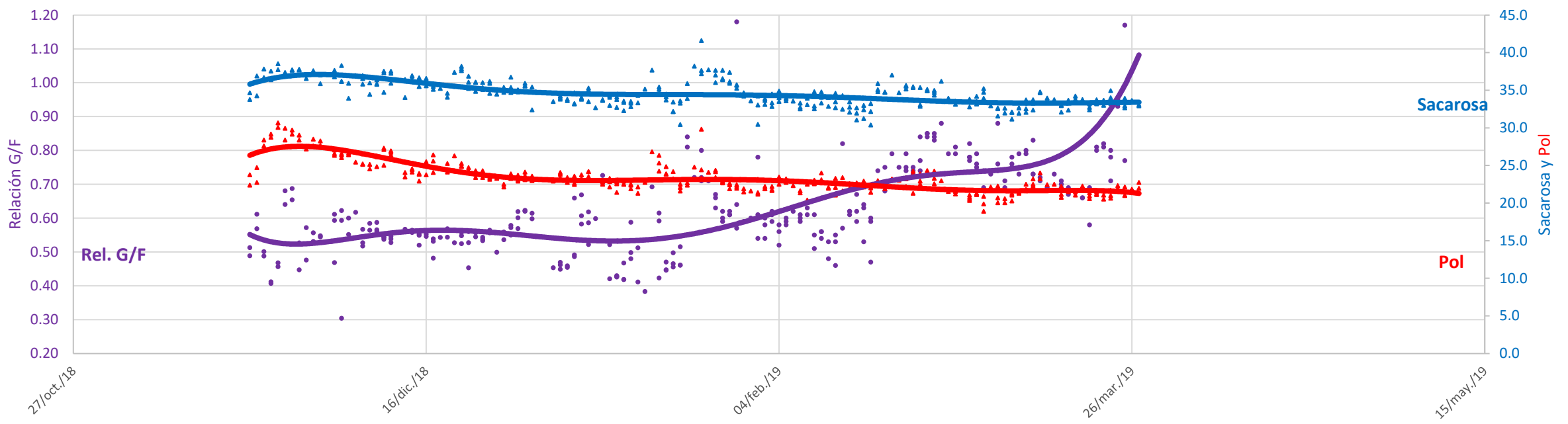
## Velocidades de Cristalización en Soluciones Puras con Aditivos no Azúcares

Aditivo	Velocidad inicial (x10 <sup>4</sup> cm/min)	Velocidad final (x10 <sup>4</sup> cm/min)	Δ velocidad (x10 <sup>4</sup> cm/min)	Δ velocidad relativa, %
<b>Monosacáridos</b>				
Glucosa	4,86	5,06	0,20	4,1
Fructosa	4,92	5,08	0,16	3,2
Galactosa	4,77	4,74	-0,03	-0,6
<b>Disacáridos</b>				
Maltosa. H <sub>2</sub> O	5,22	5,11	-0,11	-2,1
Lactosa. H <sub>2</sub> O	4,81	4,67	-0,14	-3
<b>Trisacáridos</b>				
<b>Rafinosa. 5 H<sub>2</sub>O</b>	4,48	2,44	-2,04	<b>-45,5</b>

Impureza	Δ velocidad rel. %	Absorción en el cristal, %
Glucosa	4,1	0,004
Galactosa	-0,6	0,003
Lactosa	-3	0,002
Rafinosa	-45,5	<b>0,072</b>

Mantovani, Gilli & Faglioli, 1967

# Relación G/F y Sacarosa en miel final zafra 2018-2019



# Operación en Tachos

Dentro del proceso de fabricación de azúcar si hablamos del área de tachos es muy interesante hacer mención de los aspectos operativos, además de depender de los procesos previos también se pueden cometer muchos errores de procesos, los cuales nos darán como resultado un producto de menor calidad al esperado. Es de suma importancia tener marcada la estrategia a seguir para lograr buenos resultados y esto engloba todos los aspectos en donde el operador se ve involucrado. Si hacemos una suposición de que los parámetros físicos químicos como el vacío en los tachos, la presión de vapor, la agitación en los tachos ( por mencionar algunos), se encuentran controlados , podemos listar errores operativos mas frecuentes como :

- Cargar bajo o alto nivel de magmas (semilla, afectando el % cristal ).
- Efectuar mas cortes de lo necesario.
- Lavar el cocimiento antes de descargarlo.
- Desarrollar el cocimiento a un nivel mayor al estipulado ( arrastres).
- Descargar cocimientos a brix muy bajos.
- Mal control en la cantidad de semilla en la cristalización y en la preparación de la misma.
- Procedimientos inadecuados en las cristalizaciones de tercera.

# Porcentaje de Cristal en masas cocidas

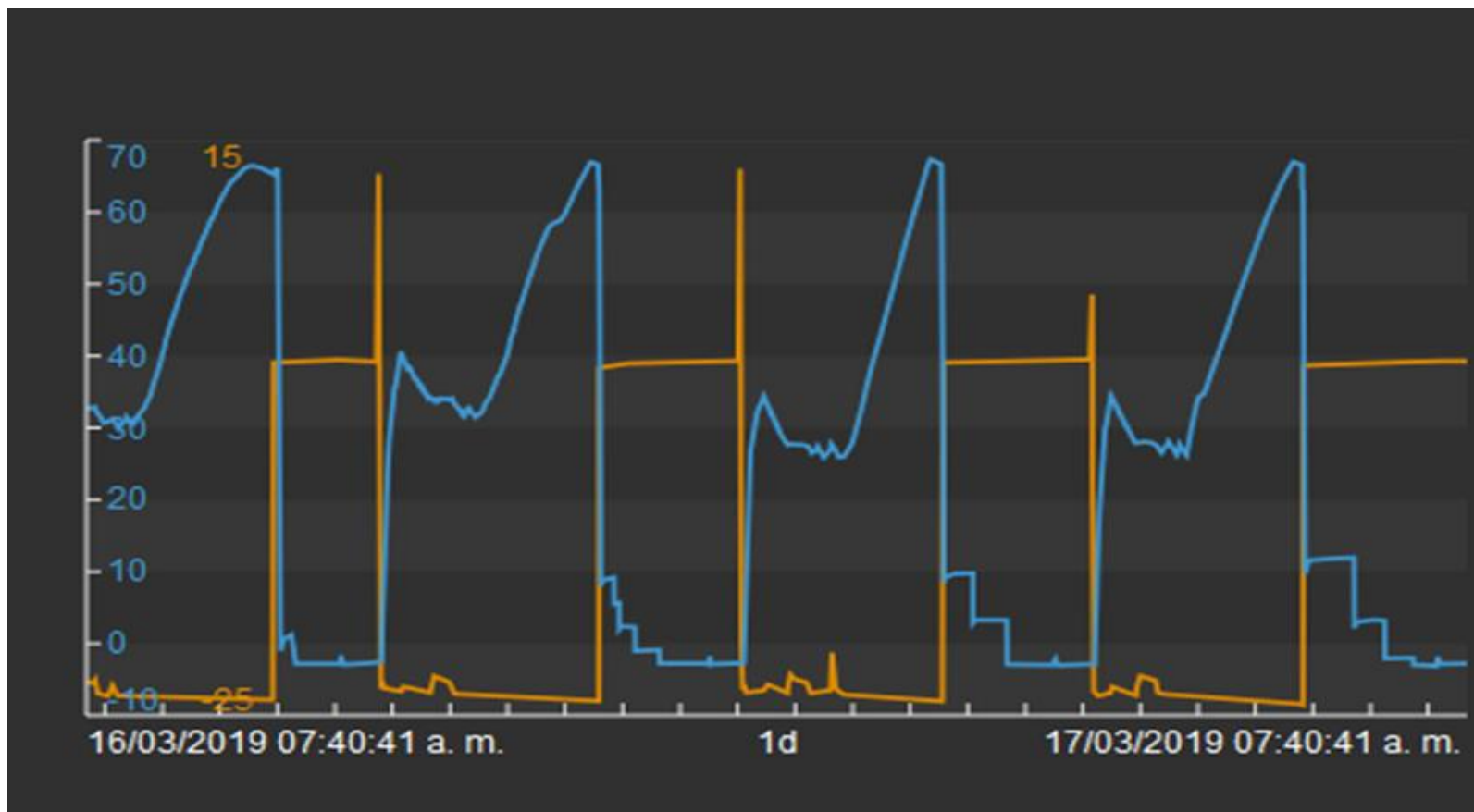
La siguiente ecuación permite calcular el porcentaje de cristal en masas A,B y C

$$\% \text{ Cristales} = (\text{Pureza Masa} - \text{Pureza Miel}) * 100 / (100 - \text{Pureza Miel}).$$

Los porcentajes de cristales podrían andar hasta de 54% en las masas A, 46 % en los de segunda y 40% en las de tercera, saliendo del cristalizador.

La estrategia que tengamos para el desarrollo de los cristales podría ser perjudicial para el agotamiento si no se toma en cuenta el porcentaje de cristal, es decir, el área de transferencia de materia que tendremos disponibles para agotar con mayor eficiencia. Esta consideración se debe evaluar en cada cocimiento, para esto es de ayuda realizar mediciones de purezas con nutch en cada cocimiento cada cierto tiempo o cuando se hagan modificaciones del procedimiento. Así también el número de cortes que haremos afectará proporcionalmente a la disminución de dicho porcentaje

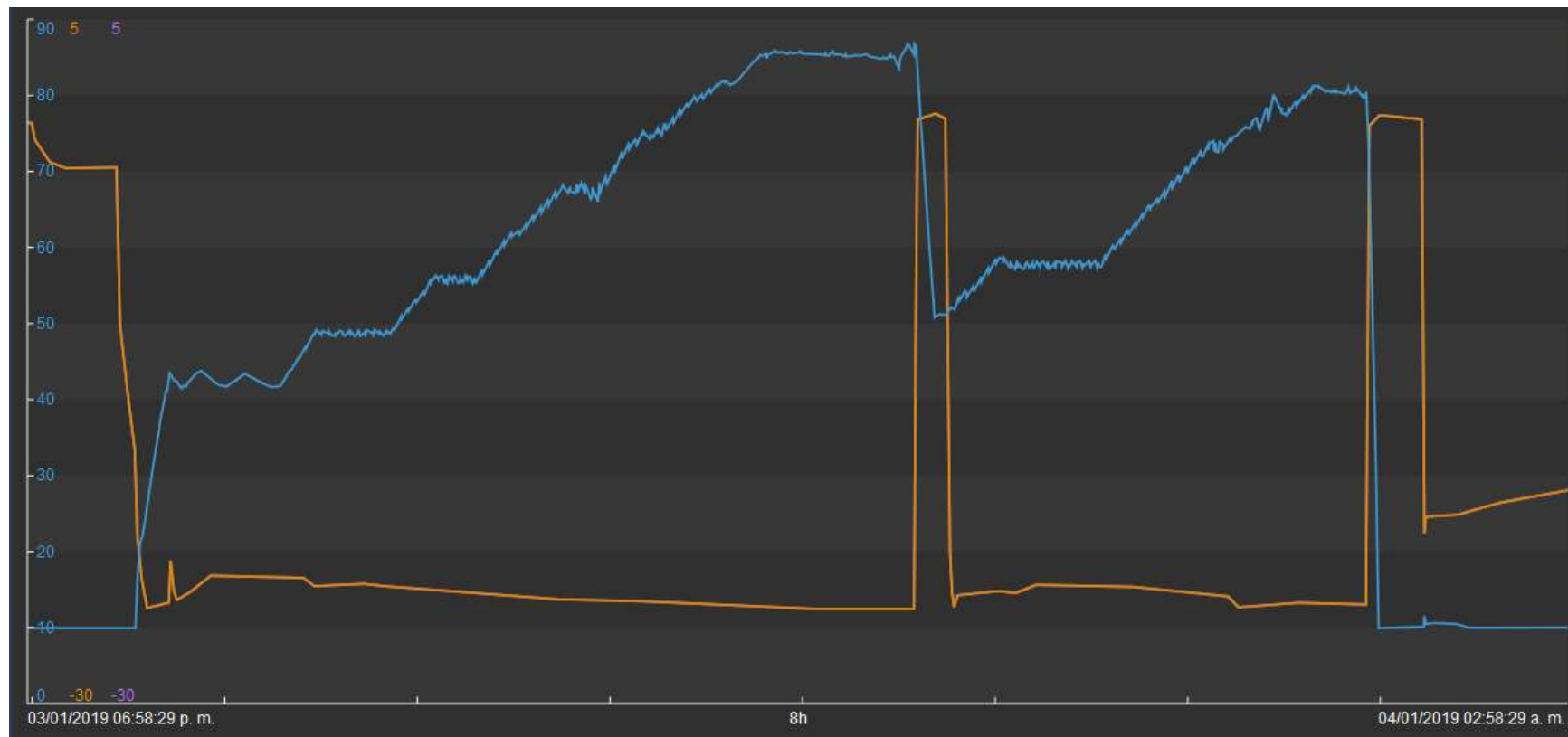
# Operación de Tacho de preparación de semilla (cristalizaciones)



Nivel tacho % ———

Vacío ———

# Operación de Tacho de Primera



Nivel tacho % —

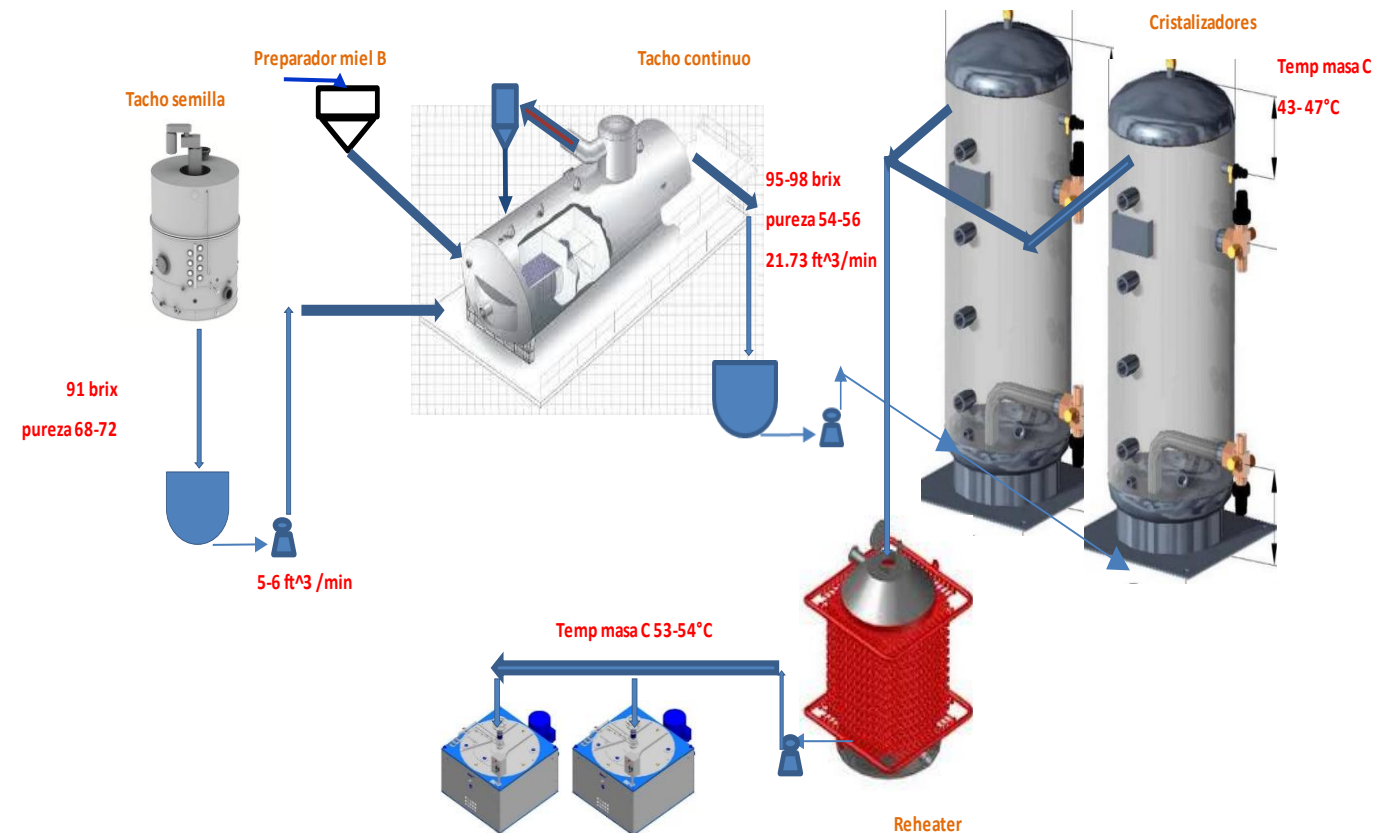
Vacío —

# Operación en tachos

Con respecto a los cocimientos de tercera suelen darse los siguientes problemas operativos:

- ❑ Deficiencia de agotamiento en cocimientos A y B.
- ❑ Presencia de Cristales finos en mieles A y B.
- ❑ Brixes bajos en la descarga de los cocimientos. Además de aumentar la cantidad de mieles podrían producir arrastres. Buscar brix mayor de 96.
- ❑ Mal procedimiento en cristalizaciones (mala preparación de semilla, mal control automático, etc)
- ❑ La pureza de masa C, no debería de ser tan alta, pues hay un límite de agotamiento en las cristalizadoras, lo ideal es buscarlas entre 54-56.

# Diagrama General de Operación sistema Masa C

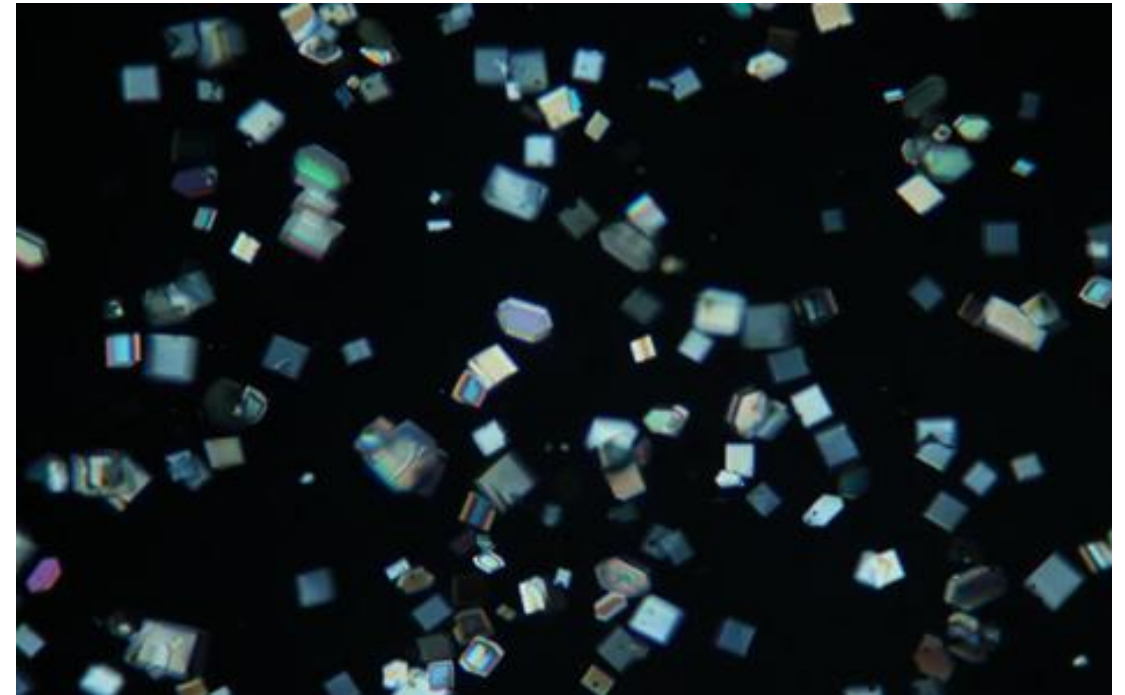


## Uso del Nutch para estimar agotamiento en tachos A, B y proceso de masa C

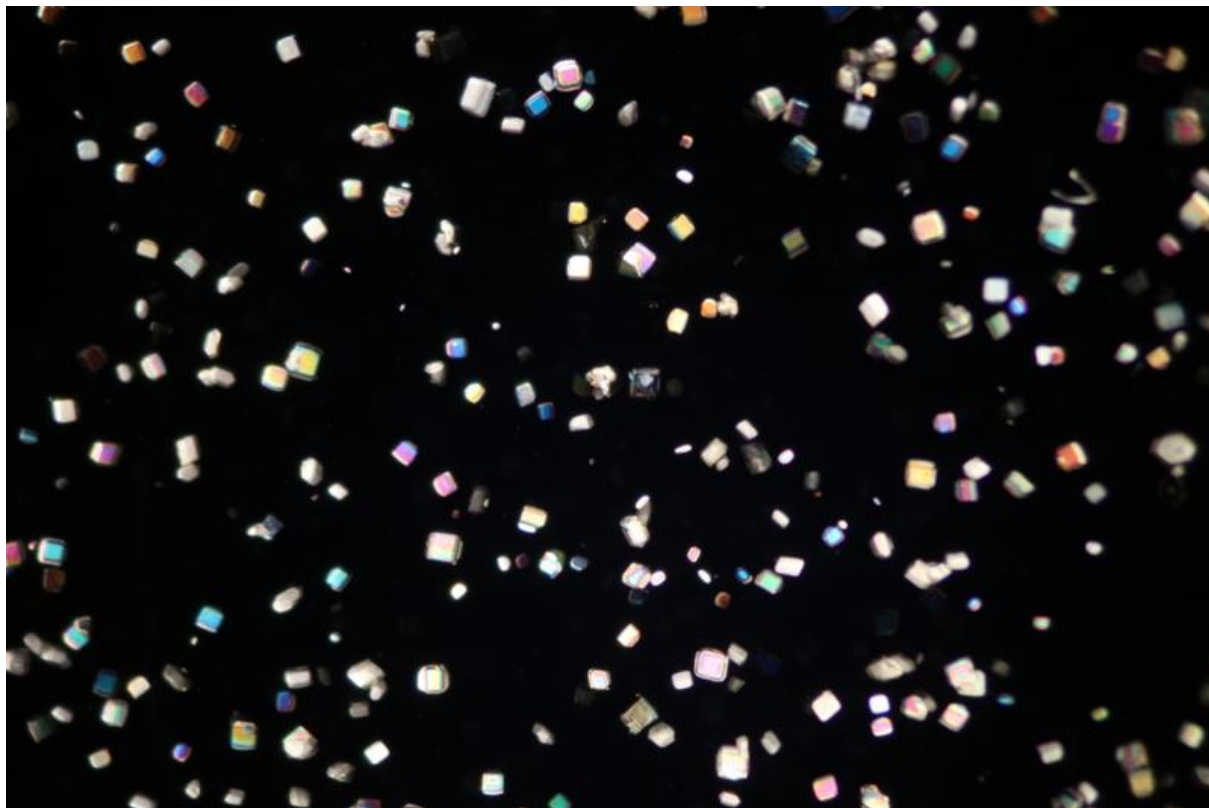


# Cristalización, factores a tener en cuenta

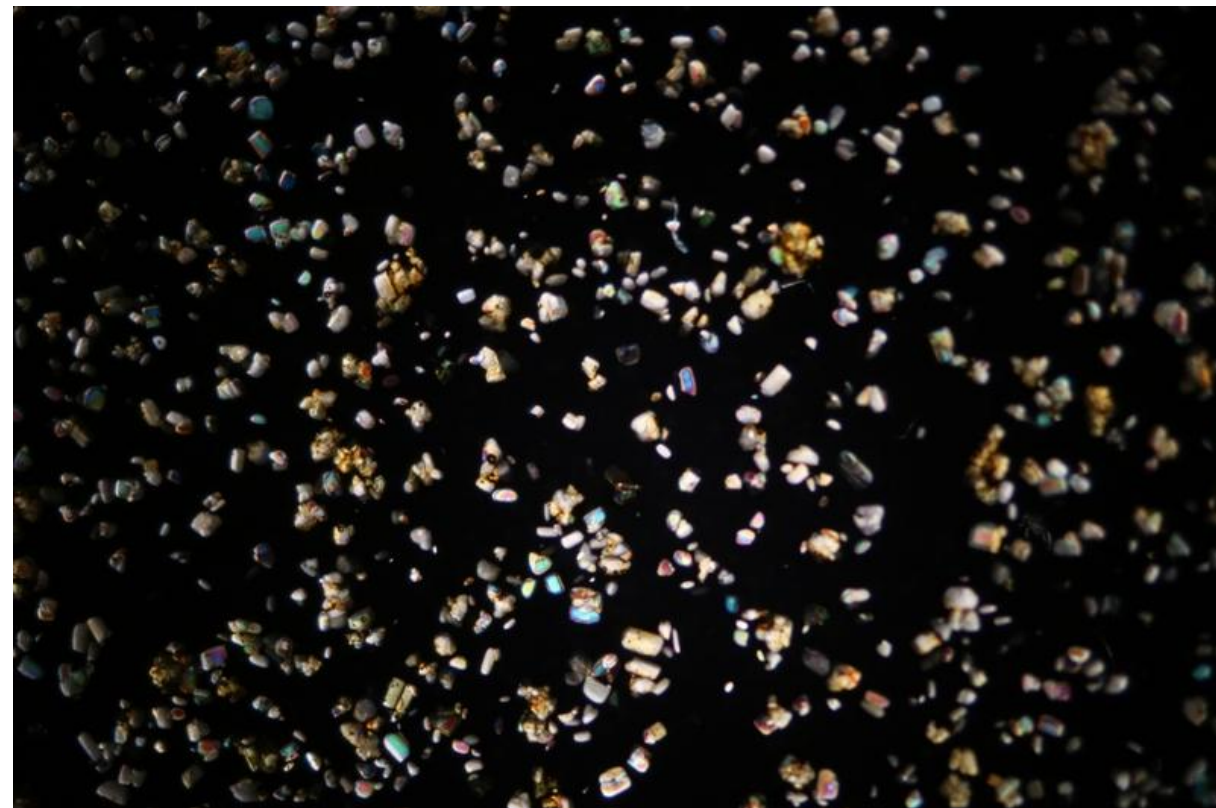
- Hacer siempre los cálculos necesarios en las preparaciones de la mezcla y en las cantidades de las mieles.
- Realizar el procedimiento en automático siempre y cuando este procedimiento se haya realizado de forma manual y se haya constatado que es el procedimiento adecuado para garantizar la calidad de la semilla que servirá para alimentar el tacho continuo.
- Apoyarse con cristalografía para observar el MA y CV del cristal semilla.
- Observar el ensemillamiento y evitar crecimiento excesivamente rápido en la semilla para que no se dé un conglomerado del cristal. Esto se logra en el punto de sobresaturación y calibrando bien los equipos de medición de brix.
- Es recomendable cristalizar con purezas bajas en la mezcla, por eso hemos bajado el rango y cristalizado por lo general con purezas de 73 y eliminado las cristalizaciones con purezas mayores de 75 en la mezcla inicial.
- *Es importante desarrollar adecuadamente la semilla en el tacho preparador, además lograr una uniformidad en el cristal. la constancia en las purezas de la preparación de la mezcla y en la preparación de los pies sencillos ayudará al desarrollo adecuado de la semilla*



## Semilla hacia CVT

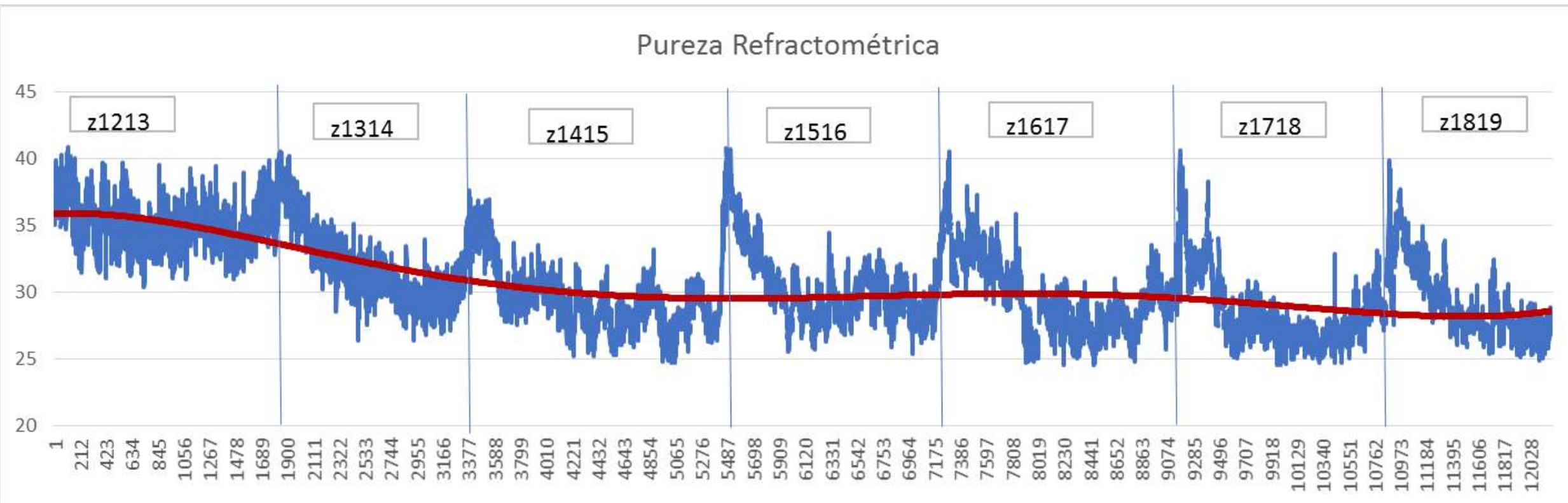


## Salida bomba del CVT



# Mejoras en purezas aparentes

Pureza Refractométrica



## Ecuaciones para cálculo de pureza objetivo en miel final

*Fórmula de Winter & Carp*

$$f = \frac{2.5 * P_{jm}^2 - 46.5 * P_{jm} + 22.000}{100 * (100 - P_{jm})}$$

Melastinidad específica natural o inherente al jugo del que proviene la miel

*Fórmula SJM de Douwes Dekker*

$$S_c = \frac{100 * S_{jm} * (J - M)}{J * (100 - M)} \text{ Sacarosa cristizable en el jugo}$$

$$M = \frac{100 * f}{1 + f} \quad B = \frac{100 * S_{jm}}{P_{jm}} \text{ Contenido de sólidos solubles}$$

*Fórmula de Winter & Carp, modificada por Geerlings*

$$S_c = S_{jm} - f * (B - S_{jm})$$



Grupo EL ÁNGEL

Somos más que azúcar

AZÚCAR • ENERGÍA • INNOVACIÓN AGRÍCOLA • INMOBILIARIA