

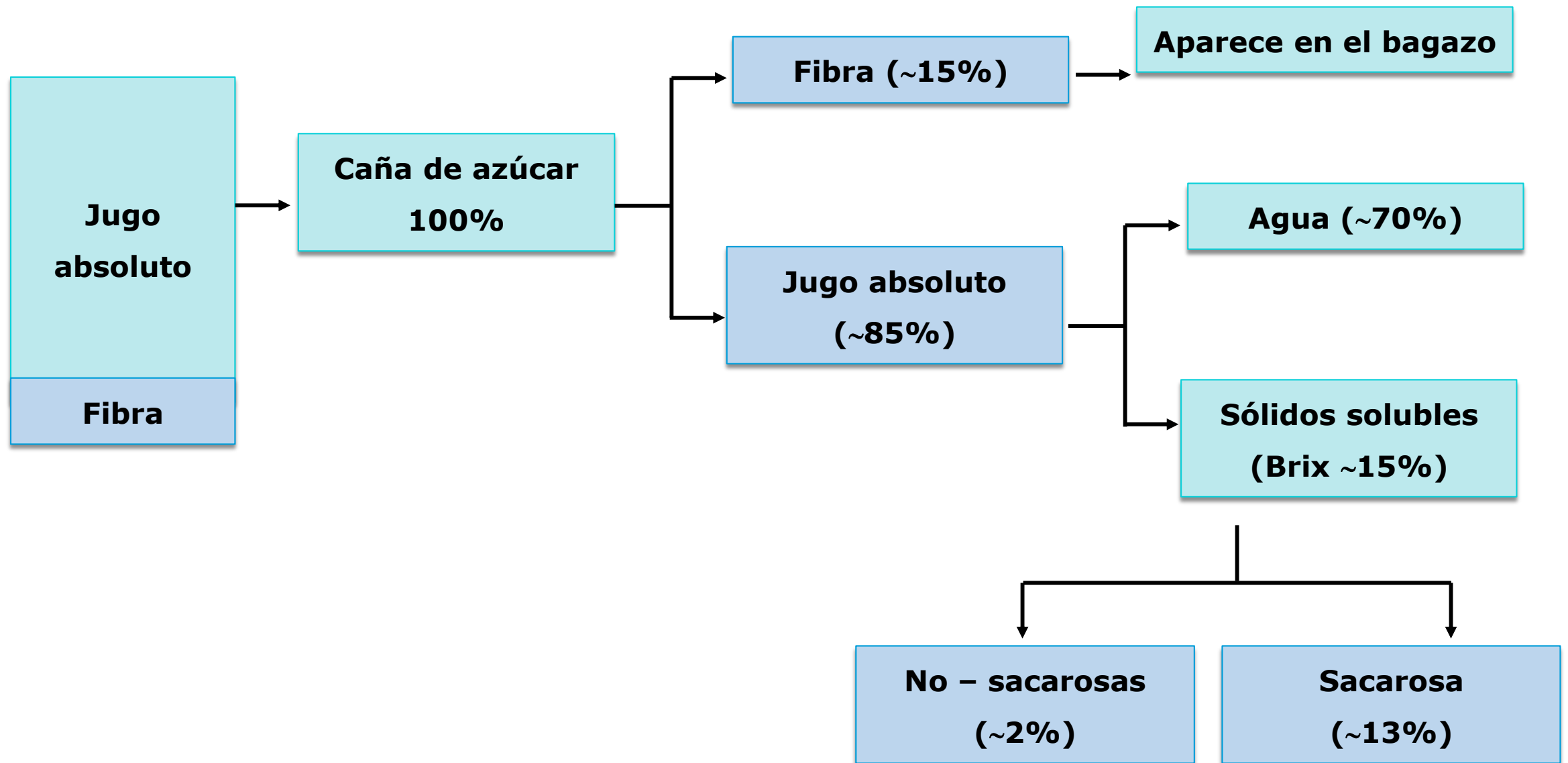
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD

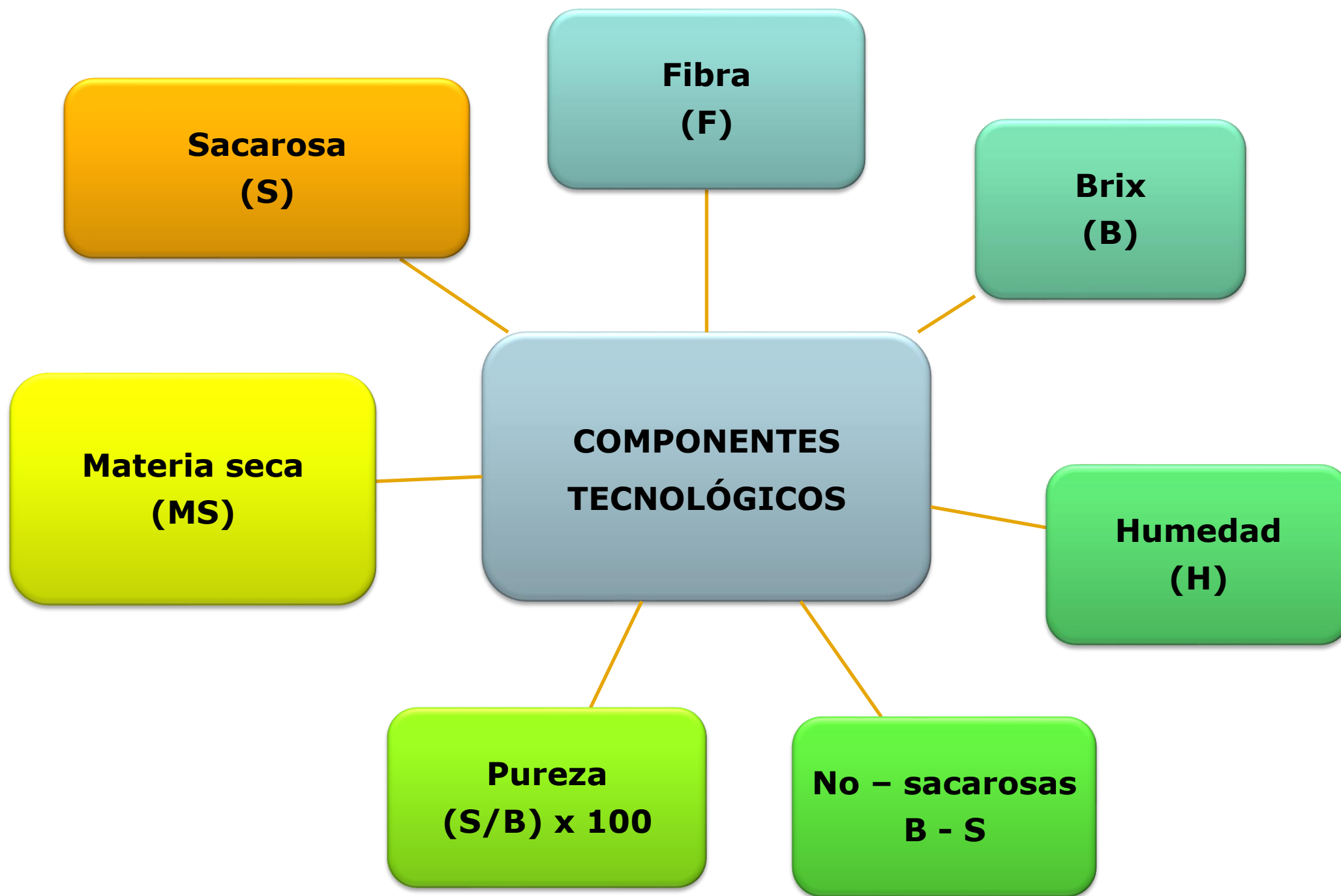
De la caña de azúcar y muestreo



Jesús Larrahondo PhD.

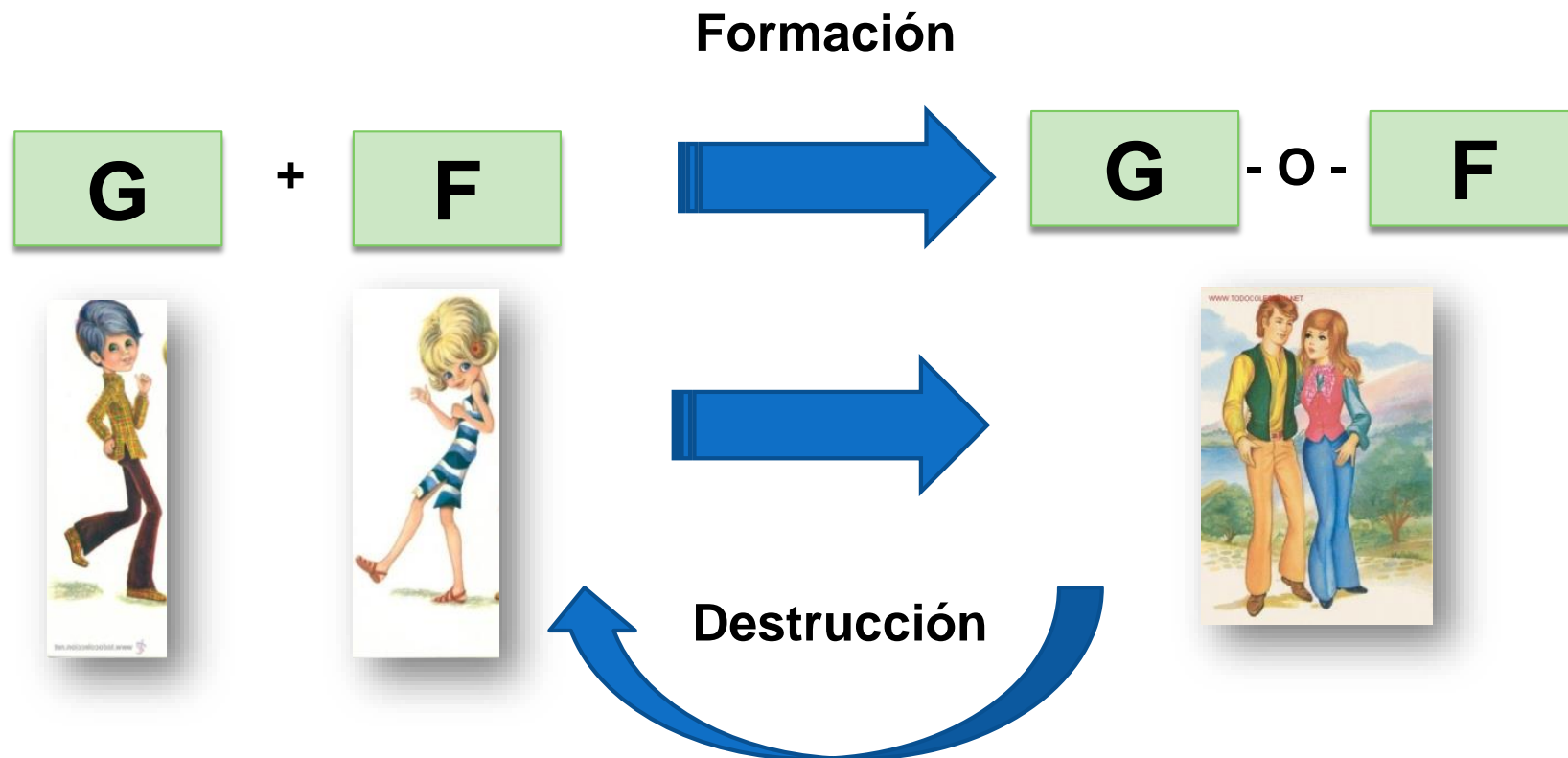
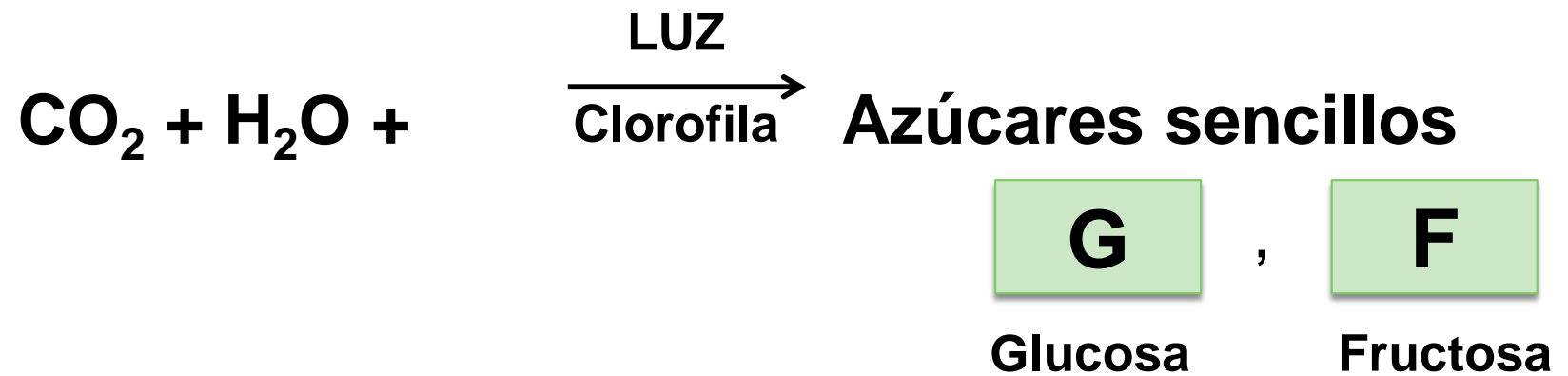
COMPOSICIÓN GENERAL DE LA CAÑA





QUÉ ES LA SACAROSA?

Fotosíntesis



Por diferentes factores ????
Antes del corte, Cosecha, Fábrica

Constituyentes de los jugos

- ORGÁNICOS:**
- Azúcares Sencillos: Glucosa, fructosa**
 - Disacáridos: Sacarosa**
 - Oligosacáridos**
 - Polisacáridos**
 - Colorantes (fenoles, flavonoides, etc)**
 - Aminoácidos, proteínas,**
 - Ácidos orgánicos**
- INORGÁNICOS:**
- Sales de potasio, fosfato, silica, calcio, magnesio, hierro, etc.**

Polisacáridos de la caña de azúcar

Caña de azúcar

- Origen natural
- Origen microbiano

Ácidos orgánicos no nitrogenados

	Acido	Concentración
Natural	Oxálico	40 - 200
	Citrico	900 - 1800
	Tartárico	10 - 180
	Málico	1200 - 1800
	Aconitico	5000 - 8000
	Succinico	100 - 200
	Glicólico	trazas - 150
Formados durante el proceso	Láctico	250 - 670
	Acético	200 - 300

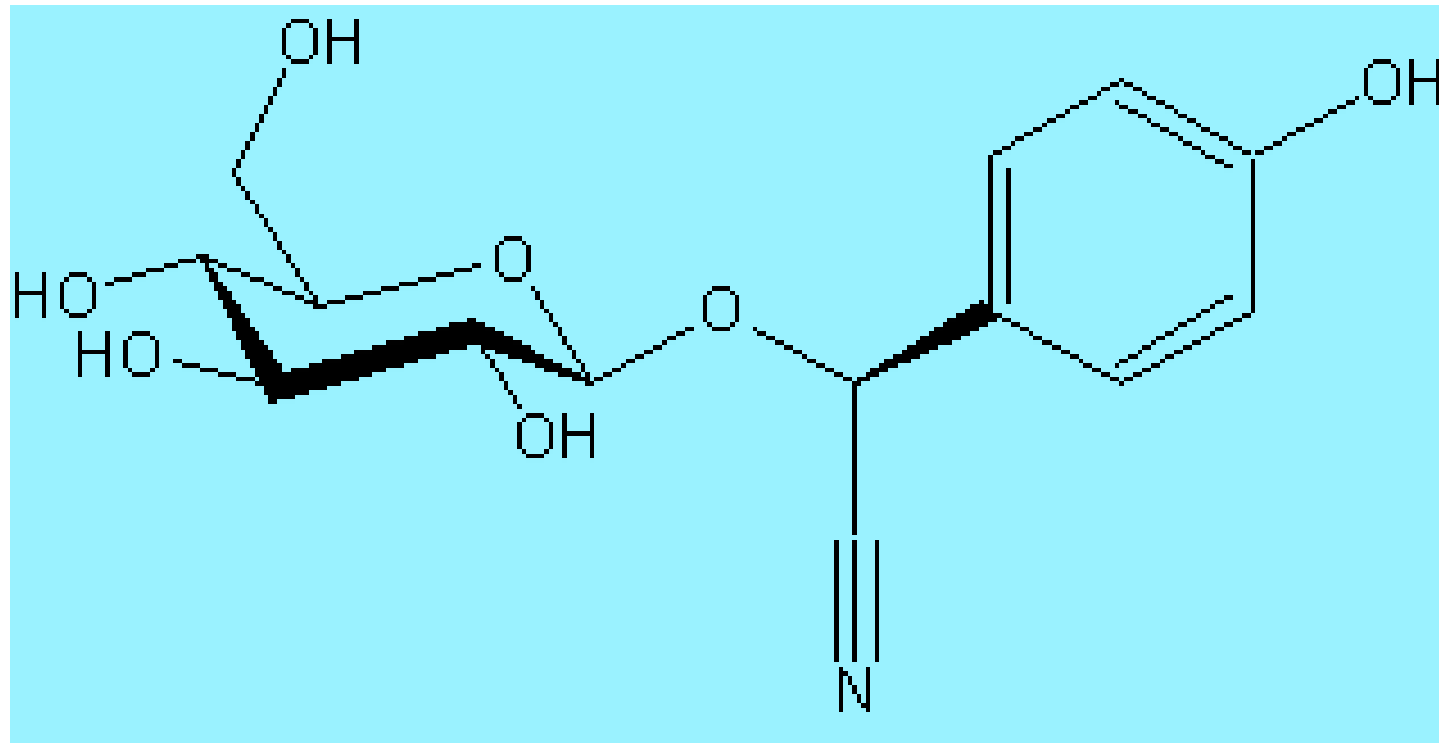
Compuestos fenólicos (Precursores del color)

- Fenoles sencillos y derivados del ácido shiquímico.
- Flavonoides (flavonas y antocianinas).

Naturaleza y concentración de los aminoácidos en jugos de caña de azúcar

	Compuesto	Libre %	Materia seca
Amidas	Asparagina	0.71	
	Glutamina	0.19	
	Aspártico	0.11	0.06
	Glutámico	0.05	0.08
	Alanina	0.06	0.05
	Valina	0.03	0.03
Aminoácidos	Aminobutirico	0.03	0.03
	Threonina	0.02	0.04
	Isoleucina	0.01	0.04
	Glicina	< 0.01	0.04
	Otros	trazas	< 0.03

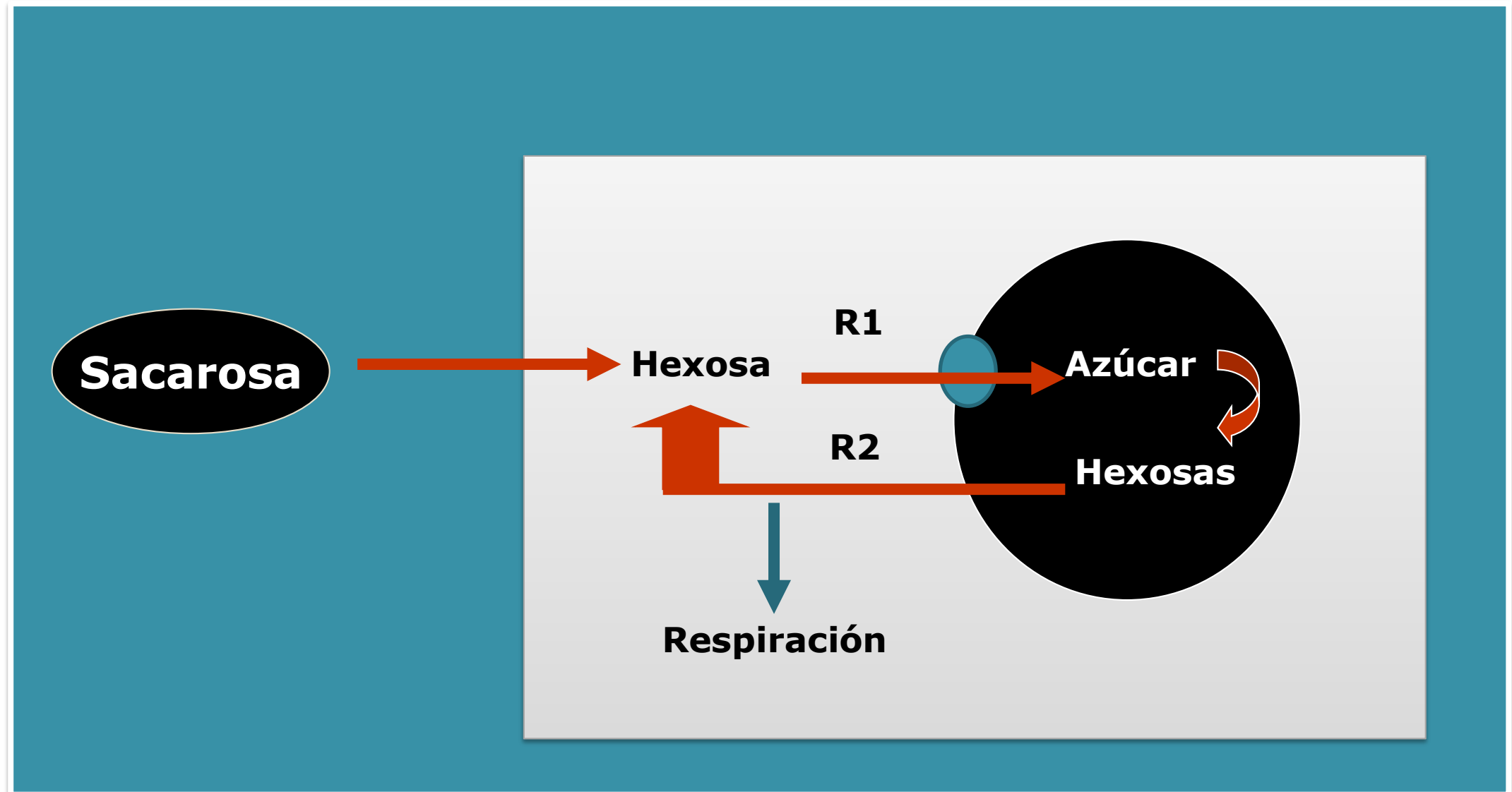
Otros metabolitos presentes en caña de azúcar



Dhurrin

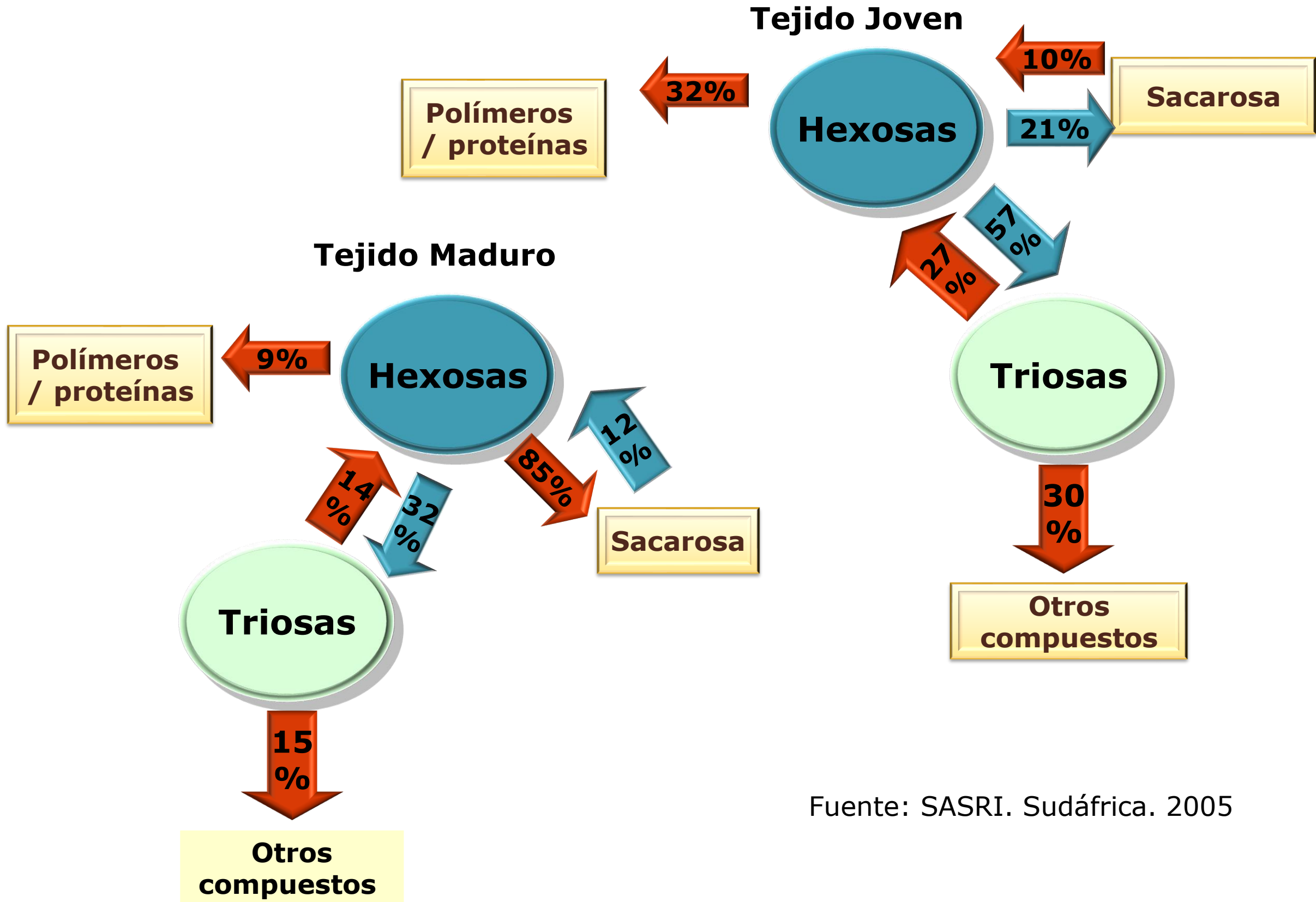
Acumulación de sacarosa

Un proceso simple?



Fuente: SASRI. Sudáfrica. 2005.

Distribución del carbono en la caña de azúcar



Fuente: SASRI. Sudáfrica. 2005

ANÁLISIS DE CAÑA

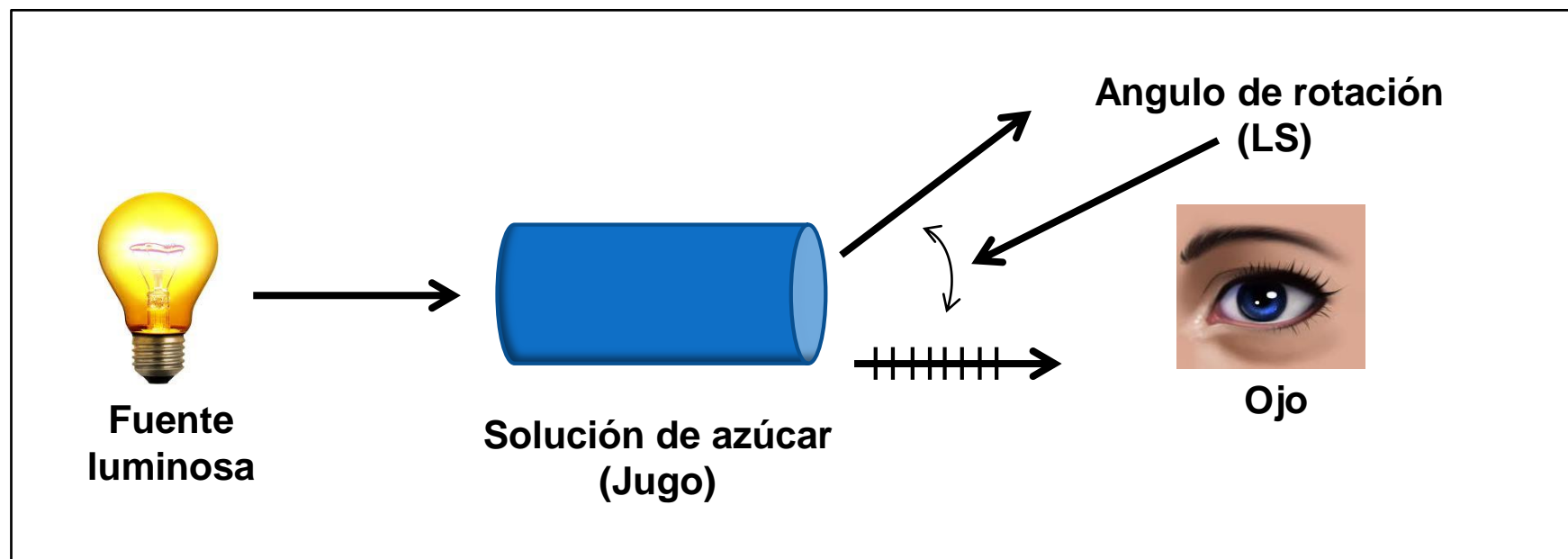
Determinaciones analíticas en jugo de caña

Resultados en Porcentaje de caña



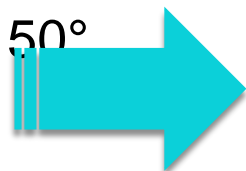
SACAROSA APARENTE (POLARIMETRÍA) O POL

La base es una desviación del rayo de luz polarizada. Su lectura es en ángulos de rotación (LS) en grados S° o Z° (escala moderna).



La escala va desde $LS = 100^\circ$ para 26.000 g de sacarosa en 100 g de solución hasta $LS = 0^\circ$ para 0 g de sacarosa.

Si $LS = 50^\circ$



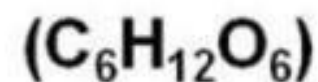
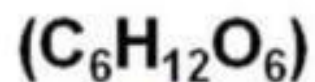
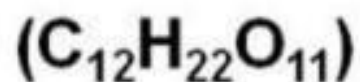
Concentración de sacarosa (pura) = 13g sac / 100 g sol.

AZÚCARES

SACAROSA

GLUCOSA

FRUTOSA



AZÚCARES REDUCTORES

+ 66,53

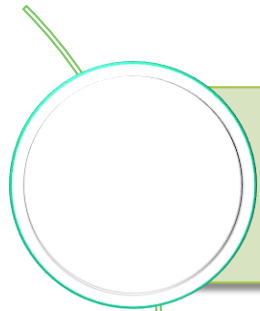
+ 52,70

- 92,40

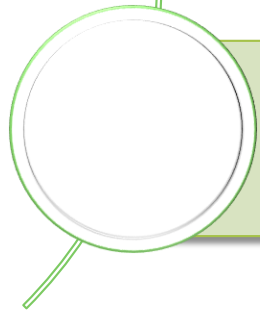
Dextrana (+)
(?)

POL

¿CÓMO SE DETERMINA LA SACAROSA EN UN JUGO?

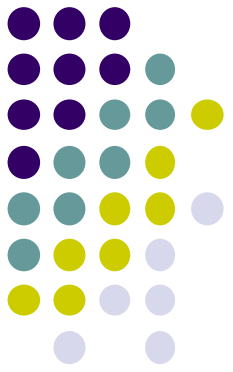


Mediante polarimetría (Sacarimetría): Sacarosa aparente.



Mediante HPLC : Sacarosa Real.

Sacarosa → Polarimetria



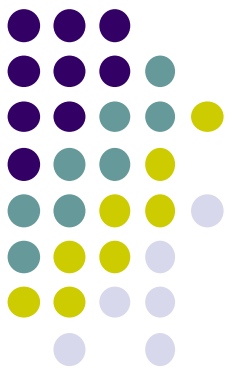
- **Escala internacional del azúcar**

- **ICUMSA, 1900**

- Ponto 100 → 26,0000g de sacarosa para 100cm³, a 20°C

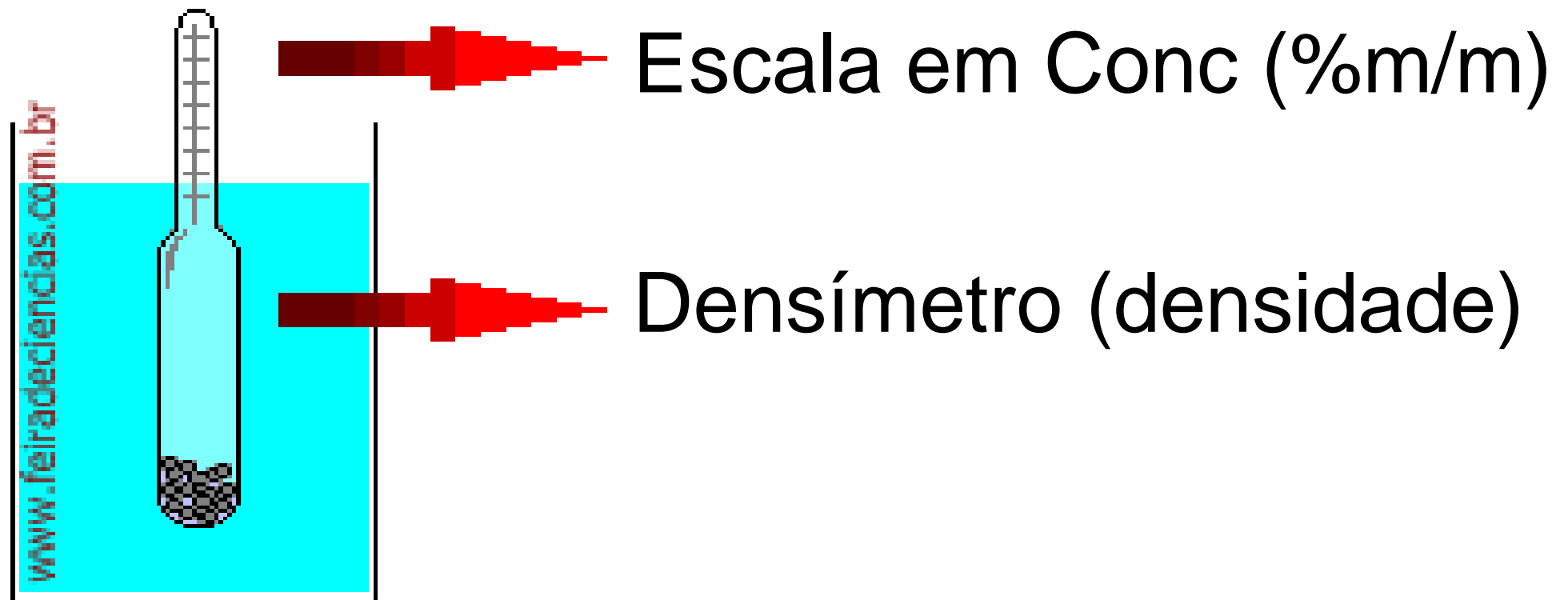
- **ICUMSA, 1916**

- Ponto 100 → 34,660° com luz de sódio
- Ponto 100 → 40,690° com luz de mercúrio



Brix Densimétrico

Perfecta relación entre C (m/m) y densidad

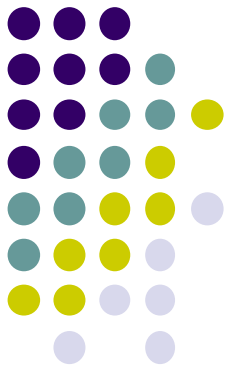


Brix → % m/m Sólidos solubles en la solución

El brix (B) se determina por refractometría

- El índice de refractometría (N_D) es proporcional al brix.

Refractometria



Equipo



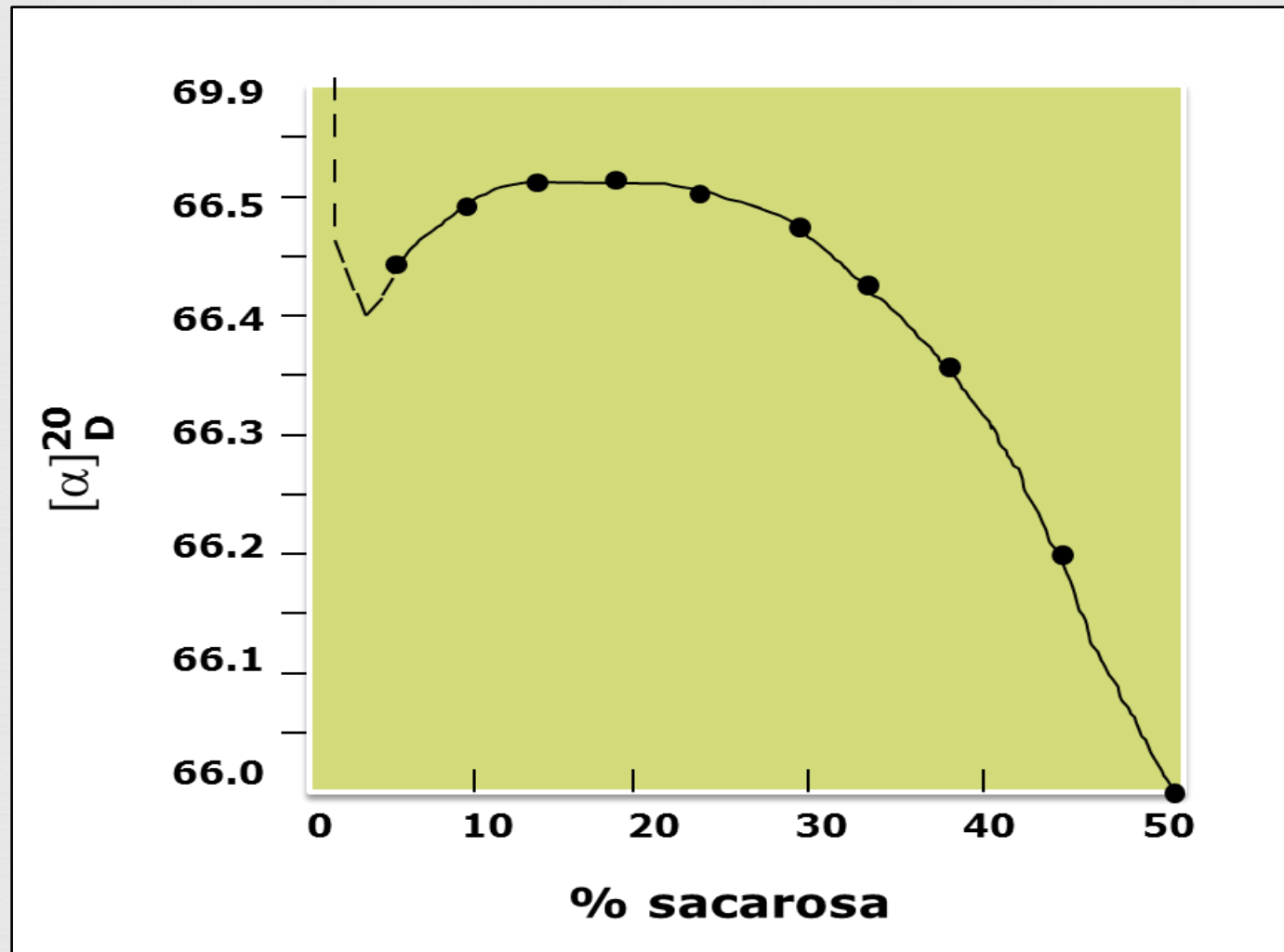
Imágenes encontradas en internet

Alteraciones del poder rotatorio de la sacarosa en las determinaciones del pol

Factores

- **Concentración de la sacarosa.**
- **Temperatura.**
- **Concentración de impurezas ópticamente activas.**
- **Concentración de sales.**

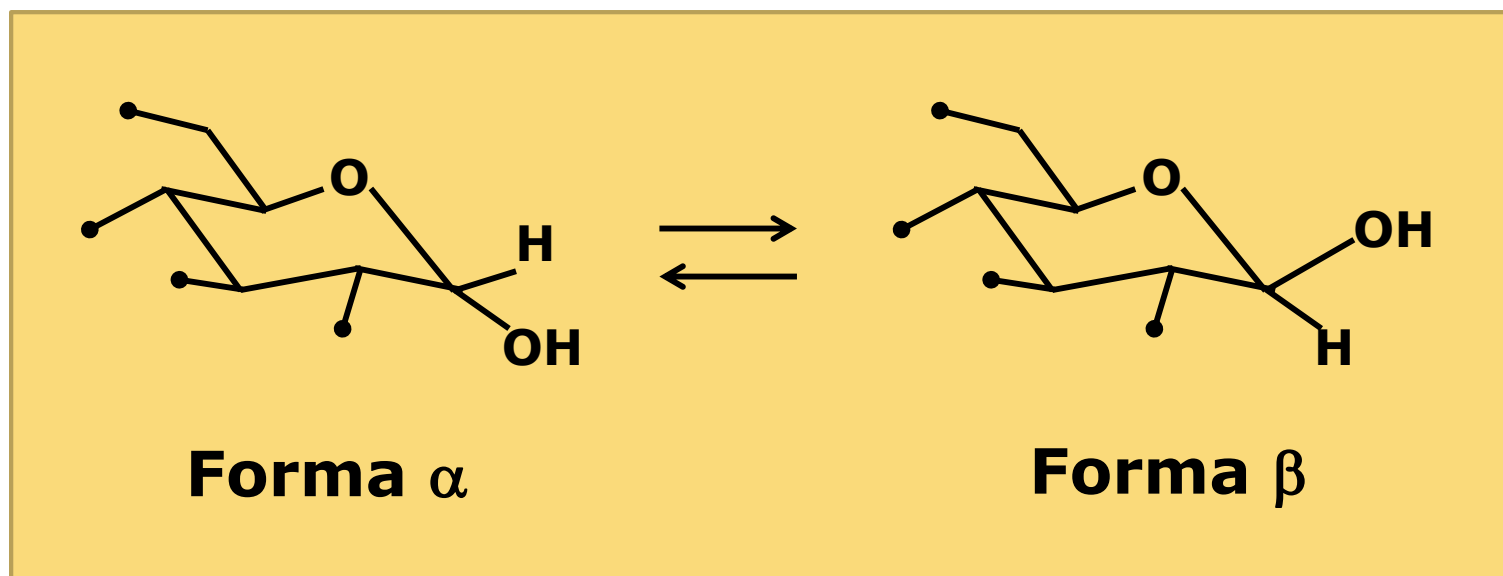
Efecto de la concentración de sacarosa en su rotación específica



Fuente: Shallenberger, R. S., Birch, G. G., (1975).

Efecto de la temperatura

- El incremento de la temperatura favorece la formación de formas α de los azúcares reductores. Por tanto, la temperatura cambia la rotación específica de los azúcares. La rotación de la sacarosa disminuye $0.01^\circ/\text{grados centígrados}$.



Corrección por temperatura para soluciones puras de sacarosa

- $P^{20} = P' [1 + 0.0003 (t-20)]$
- Donde:
corregido
observado

$$P^{20} = \text{Valor}$$
$$P' = \text{Valor}$$

Corrección por temperatura para otras soluciones de sacarosa (azúcares crudos)

- $P^{20} = P' + 0.0015 (P' - 80) (t-20)$



Relación: Pol / sacarosa

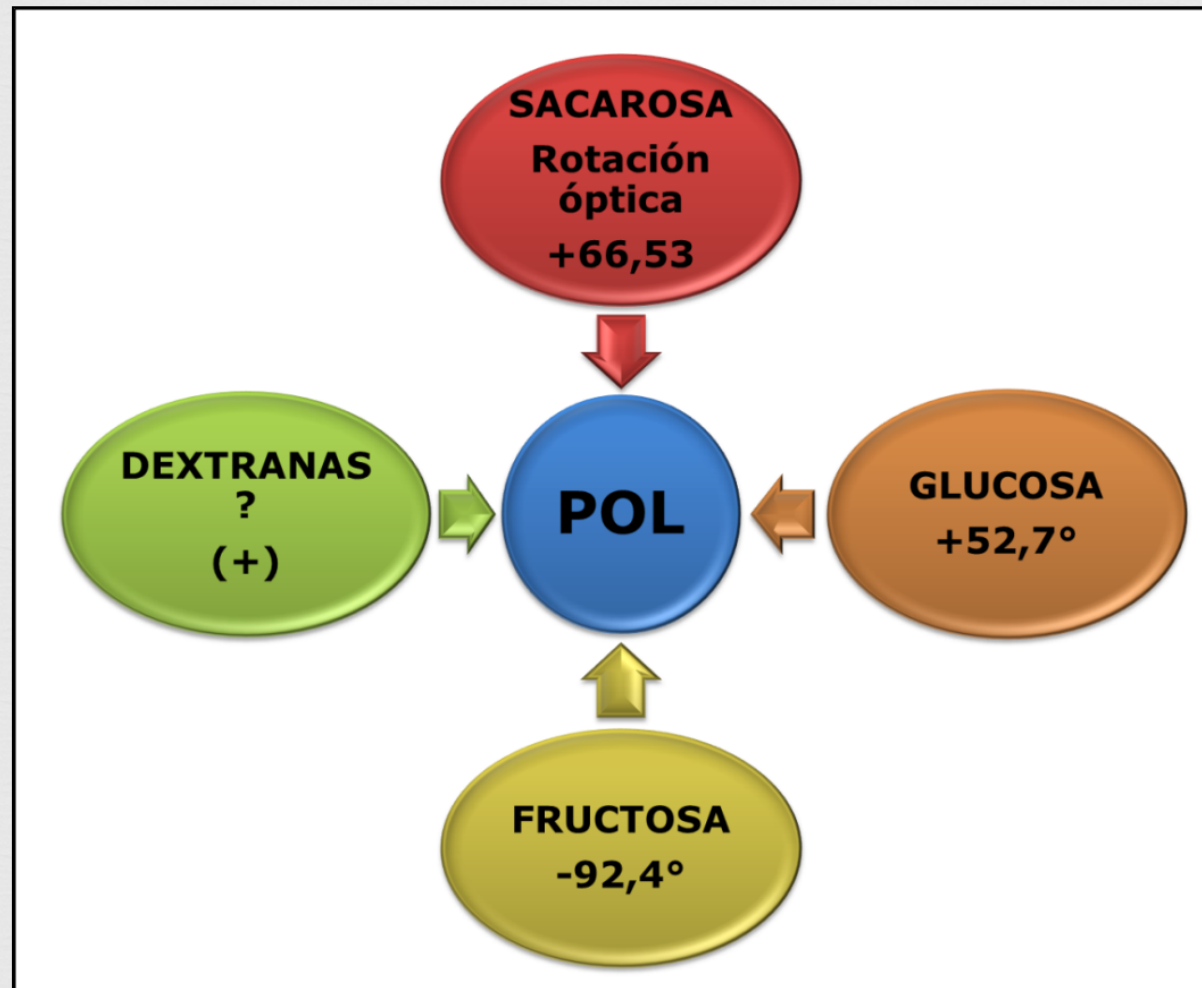
=

P/S

Indica la diferencia entre pol (sacarosa aparente) y el contenido de sacarosa (real)

- En soluciones puras $\rightarrow \frac{P}{S} = 1.0$
- En jugos mixtos $\rightarrow \frac{P}{S} = 0.98 - 1.00$
- En mieles $\rightarrow \frac{P}{S} = 0.80 - 0.97$
- Esto ilustra la dificultad para interpretar un balance de pol en la fábrica.

Principales azúcares presentes en la caña de azúcar que inciden en las determinaciones del "Pol"



$$\text{Pol}_d = \% S + 0,015 \left(\frac{[\alpha]^{20}}{DG} \times \% G + \frac{[\alpha]^{20}}{DF} \times \% F \right)$$

Pol_d = Ecuación Morel du Boil y Schäffler (Sudáfrica)

$\text{Pol}_d = \text{Pol}$
Relación = 1,0 } Si solo están presentes glucosa, fructosa y sacarosa como las mayores sustancias ópticamente activas.

Ejemplos de influencia de sales de sodio y potasio en la rotación específica de la sacarosa

Sal	Molaridad		$\Delta \alpha/\alpha$	K
	Ca	Cb		
NaOH	1,52	1,90	-0,146	9,61
KOH	1,52	1,90	-0,122	12,10
K ₂ CO ₃	1,52	1,90	-0,093	17,0
Lactato de potasio	1,52	1,90	-0,366	14,33
Acetato de potasio	1,52	1,90	-0,024	75,7
NaCl y KCl	1,52	2,28 (NaCl) 1,52 (KCl)	-0,059	58,9

Ca y Cb = Molaridades del compuesto de sodio o potasio y sacarosa, respectivamente.

Fuente: Kelly, F. H. C y Brown. D.W. Sugar Technology Rev. (78/79)

Concentración de sacarosa = [Sac]

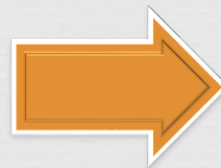
$$K = \frac{[\text{Sac}] [\text{Sales}]}{[\text{No} - \text{Sac}]}$$

Rotación óptica específica de algunas no - sacarosas, especialmente polisacáridos

Compuesto

Sarkaran (Glucano)

(Polisacárido de la caña quemada dejada en pie)

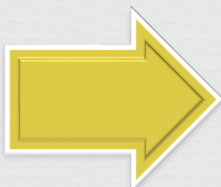


Rotación óptica específica

$$[\alpha]_D^{20} = + 160^\circ$$

Origen: Posiblemente de las levaduras

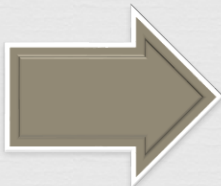
ISP (Polisacárido nativo)



$$[\alpha]_D^{20} = -46^\circ \text{ a } -50^\circ$$

Origen: Natural en la caña. Depende de la variedad

Glucano de Robert´s



$$[\alpha]_D^{20} = + 120^\circ. \text{ Origen: Natural}$$

Polisacárido C.P

(Formado principalmente por D-mannosa y D-galactosa)



$$[\alpha]_D^{20} = + 97.3^\circ$$

Origen: Aislado de azúcares crudos de Australia. Un responsable del potencial «Floc» en bebidas no alcohólicas

Dextranas (Glucano)

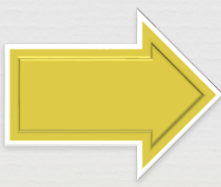
Uniones α - (1,4) y α - (1,3) de glucosa



$$[\alpha]_D^{20} = + 200^\circ \text{ ó mayor.}$$

Origen: Microbiano. Producido durante el deterioro de la caña, por Leuconostoc Mesenteroides y L. Dextranicum

Ácido Aspártico



$$[\alpha]_D^{20}$$

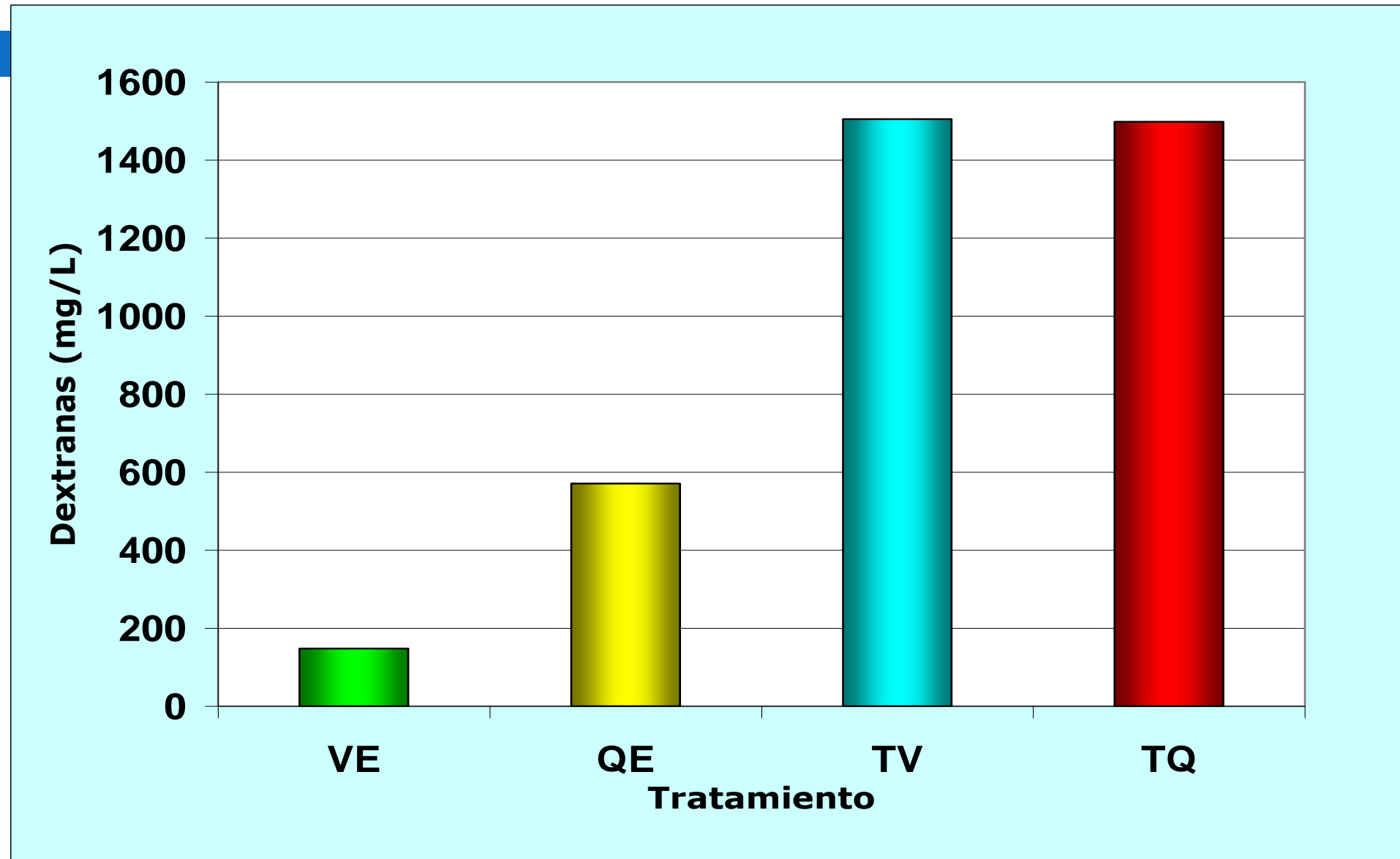
Similar a la sacarosa (dextro - rotatorio). Presencia de este amino-ácido y de otros similares elevan los valores de polarización. Origen: natural

Interferencias de los almidones y dextranas en los valores de POL y ATR

Almidones	100 mg/L incremento
POL	0.06 (%)
ATR	0.14Kg/t caña
Dextranas	100 mg/L incremento
POL	0.07 (%)
ATR	0.36 Kg/ t caña

Fuente: F. Viginottii, et al S. Journal, 2013

DEXTRANAS EN JUGOS DE CAÑA A LAS 24 HORAS (FUENTE: CENICAÑA)



Corte Manual	Verde (VE), Quemada (QE)
Corte Mecánico	Verde (TV), Quemada (TQ)

Variedad. CC 85-92

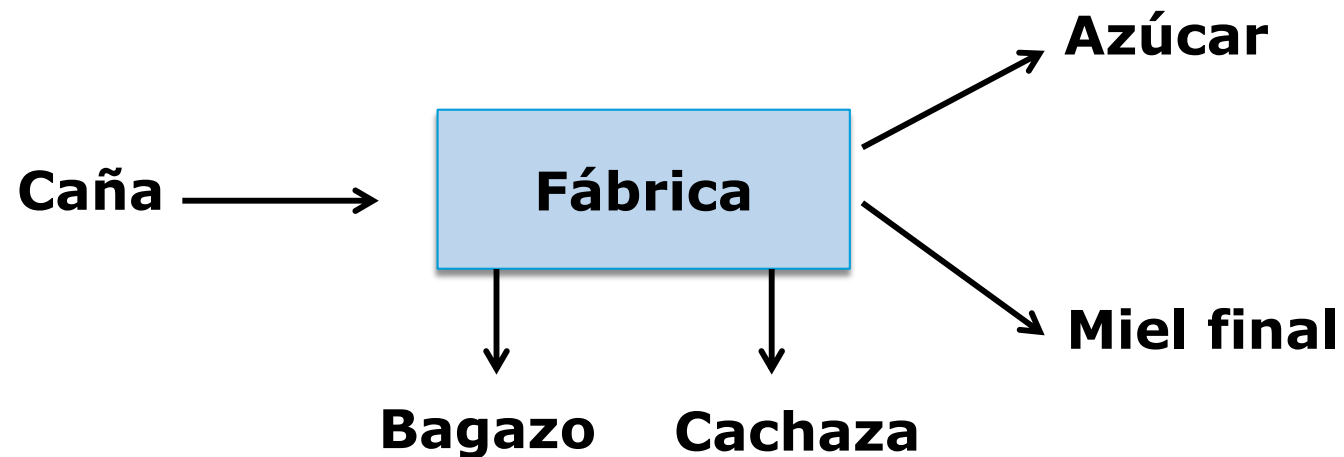


CÁLCULOS PARA ESTIMAR LA SACAROSA , EL RENDIMIENTO TEÓRICO Y REAL EN INGENIOS AZUCAREROS

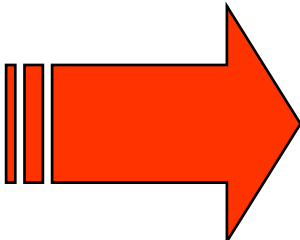
ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

El total de la caña y sacarosa que ingresa a fábrica corresponde a entregas parciales de diferentes lotes o suertes.

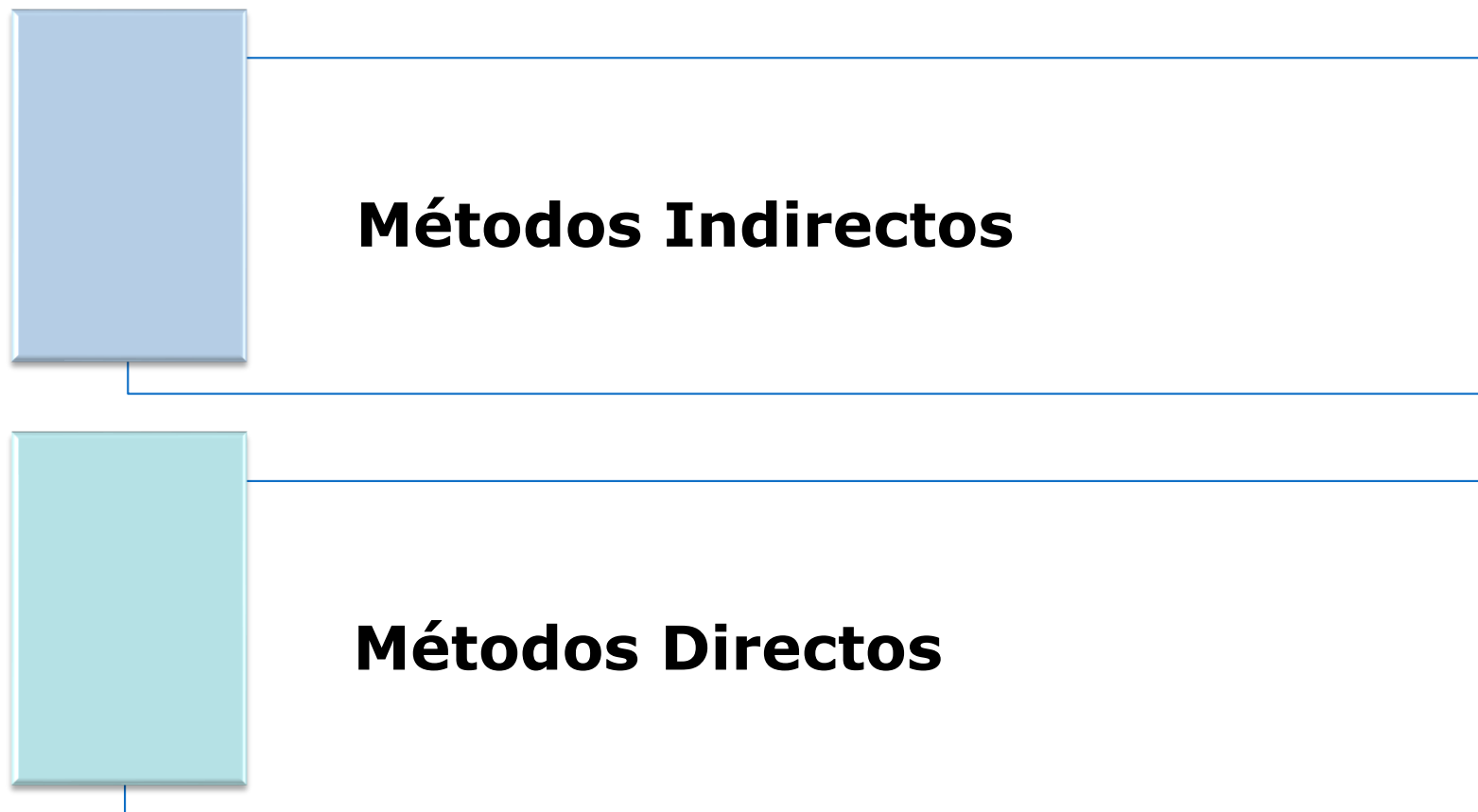
Importante conocer la calidad individual



Introducción

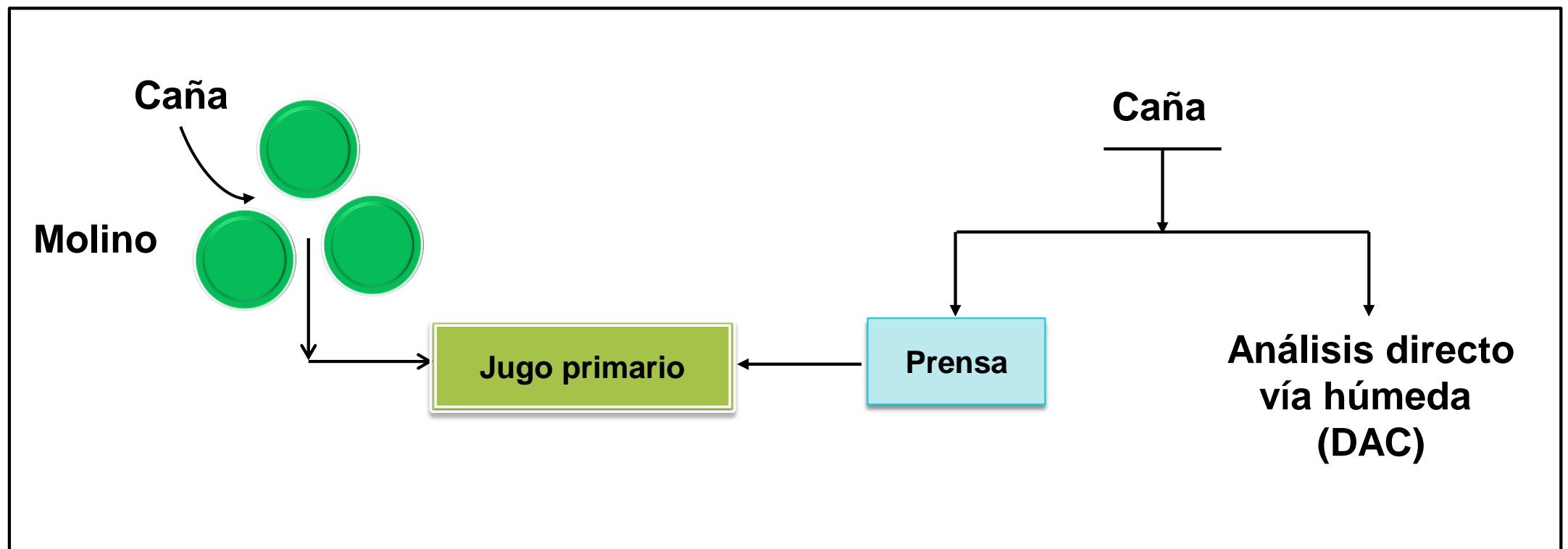
Datos básicos	Proceso información	Azúcar estimada (RTO teórico, %)	Azúcar Producida
<p>Pol % caña (S)</p> <p>Pol % jugo (Sj) → Pol % caña (S)</p> <p>Brix % jugo (Bj) → Brix % caña (B)</p> <p>Pureza (%)</p> <p>Fibra % caña (F)</p> <p>No-sacarosa (N)</p> <p>Parámetros de Fábrica</p>		<p>RTO (Australia)</p> <p>RTO (Louisiana)</p> <p>CCS (Australia)</p> <p>ERS (Sudáfrica)</p> <p>ARE (Colombia)</p> <p>RTO_t (Colombia)</p>	<p>RTO (real)</p>

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE SACAROSA % CAÑA



MÉTODOS DIRECTOS (DAC)

- **Análisis directos vía húmeda: Digestor.**
- **Análisis directos vía seca: Prensa - Hidráulica**

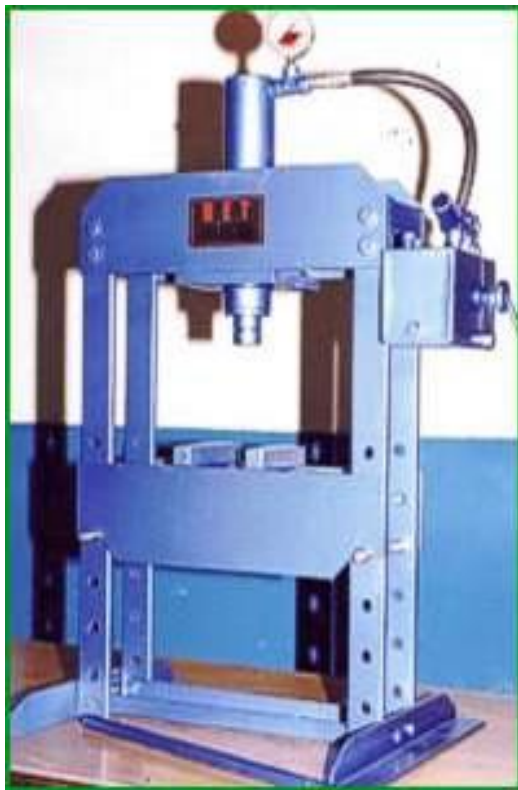


Análisis DAC

- Vía Húmeda (Método ICUMSA)
- Vía Seca (Prensa hidráulica)



**MÉTODOS DIRECTO VÍA PRENSA
HIDRÁULICA**



Prensa hidráulica

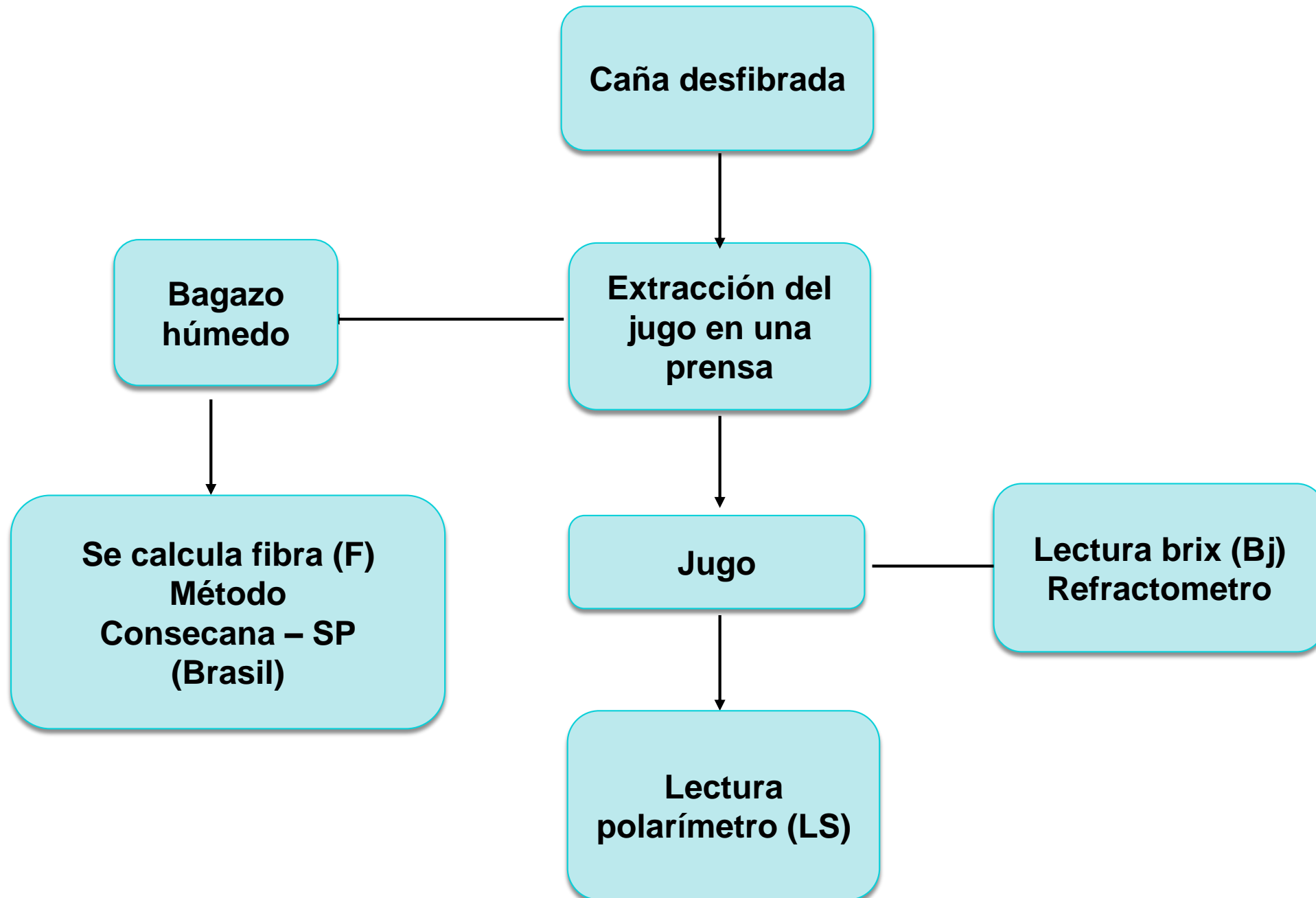
Información:

Brix prensa: B Ej: 18%

sacarosa jugo prensa: S Ej: 16%

ANÁLISIS DIRECTO VÍA PRENSA HIDRÁULICA

Es el más utilizado



Datos Método Prensa Sistema Tanimoto

- **PBU** = Peso de bagazo húmedo (g)
- **PBS** = Peso de bagazo seco (g)
- **BJ** = Brix de jugo extraído
- **SJ** = Pol de jugo extraído

JUGO BRIX

Jugo brix (BJ) = Lectura del refractómetro a 20 °C.



POL JUGO

LS = Lectura sacarimétrica (brix 1% a 24%)

$$P_e = LS * (0,26065 - 0,000995 * B_e)$$

POL JUGO

LS = Lectura sacarimétrica (brix 8% a 24%)

$$PJ = LS * (0,2605 - 0,0009882 * BJ)$$

FIBRA % CAÑA

Métodos

Sistema Tanimoto:

Fibra calculada en función del **brix, PBU e PBS**

Sistema PCTS:

Fibra estimada utilizando la regresión lineal de acuerdo con la PBU

FIBRA % CAÑA (FC)

m = caña prensada (g)

PBU = peso de bagazo húmedo (g)

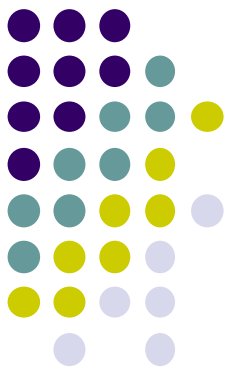
PBS = peso do bagazo seco (g)

BJ = brix de jugo extraído

$$\mathbf{FC = \frac{100*PBS - PBU*BJ}{0,01*m*(100 - BJ)}}$$

$$\mathbf{m = 500 \text{ g}}$$

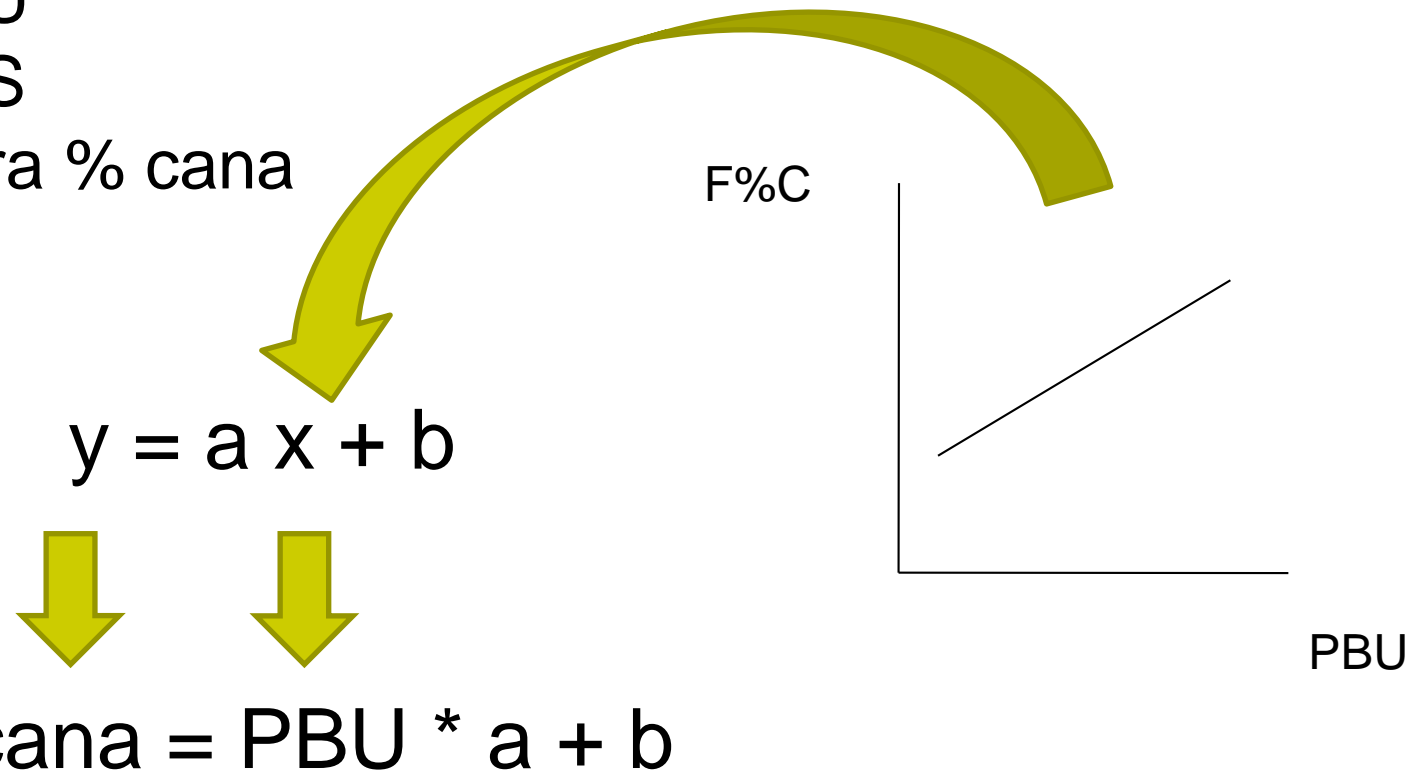
$$\mathbf{FC = \frac{100*PBS - PBU*BJ}{5*(100 - BJ)}}$$



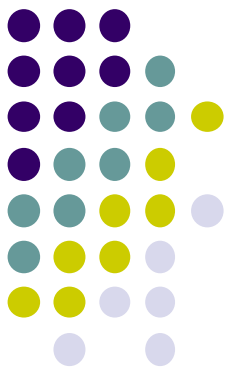
Fibra % Caña → Regresión

- Utilizando los datos de los análisis de fibra TANIMOTO, calcular una ecuación de regresión. Os dados são:

- Brix do caldo extraído
- PBU
- PBS
- Fibra % cana



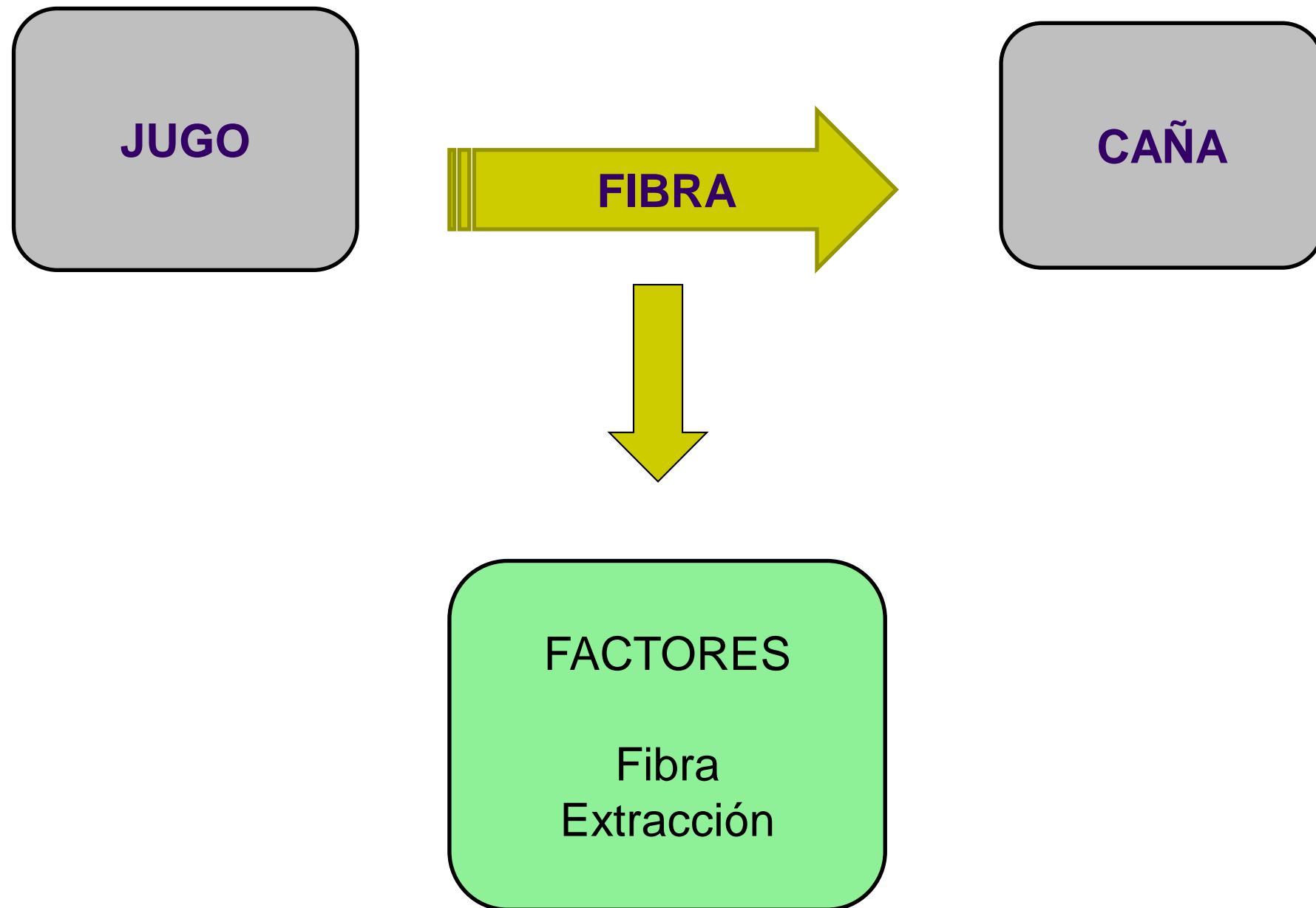
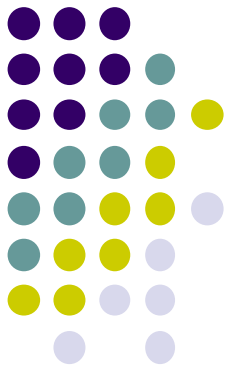
Fibra % Caña → Regresión



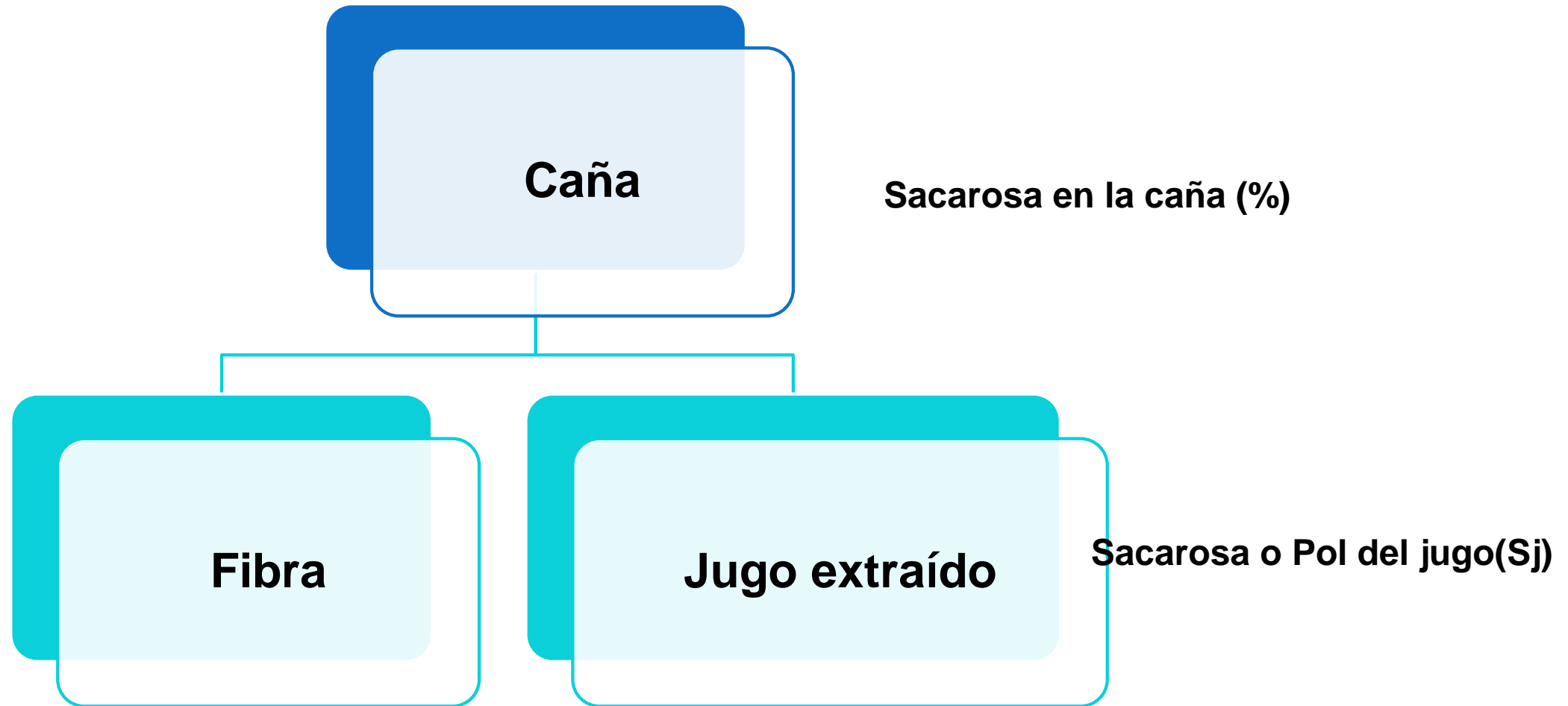
PBU → 150g

- PE → $F = 0,0919 \times \text{PBU} + 0,379 \rightarrow 14,16\%$
- AL → $F = 0,0779 \times \text{PBU} + 2,3136 \rightarrow 14,00\%$
- SP → $F = 0,08 \times \text{PBU} + 0,876 \rightarrow 12,88\%$

Parámetros en la Caña



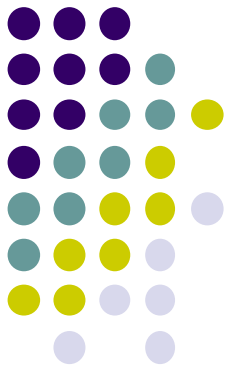
A partir del Pol (sacarosa) del jugo se puede calcular el Pol (sacarosa) de la caña y estimar un rendimiento



$$\text{Sacarosa en la caña (\%)} = S_j (1 - 0,01 \times F) \times C$$

Donde:

F = Fibra (%) y C = Factor Consecana (Brasil)

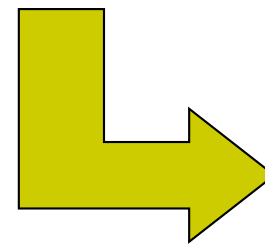


Factor de Extracción

$$PC = \frac{\text{Pol Cabs} \times (1 - 0,01 \text{ F\%C})}{\text{Pol Cex}} \times \text{Pol Cex}$$

Chamando de **c = Pol Cabs / Pol Cext**, temos:

$$PC = \text{Pol Cext} \times (1 - 0,01 \text{ F\%C}) \times c$$



factor de extrac.

$$\text{Experimentalmente, } c = 1,0313 - 0,00575 \times \text{F\%C}$$

Resultados de un Ingenio Colombiano Para el cálculo del factor C

Cálculo de sac % caña (Sc)

$$\mathbf{Sc = Sj \times (1 - 0.01 F) \times C}$$

$$\mathbf{Donde C = 0.9325 - 0.000485 \times F}$$

F = Fibra % caña

Sj = Sac % jugo del primer molino

Resultados de un Ingenio Colombiano (DAC vía seca)

Variable	N	Promedio	Desv. Estándar
Sac % caña (Sc)	262	12.85	1.45
Fibra % caña (F)	262	17.35	1.65
Sac % jugo (Sj; p.H.)	262	16.11	1.72

$$Sc = Sj \times (1 - 0.01 F) \times C$$

$$\text{Donde } C = 1.1409 - 0.0102 \times F$$

$$\bar{C} \text{ (Promedio)} = 0.964$$

$$R^2 = 0.995$$

FACTOR C Nicaragua

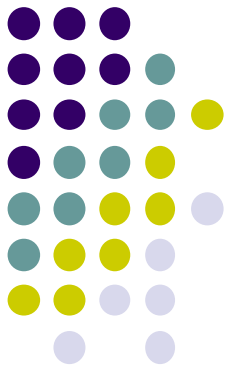
$$\begin{aligned} \text{Pol CAÑA} &= 0.971 P1 - 0.00107 P2 \\ &= 0.971(\text{Pol Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) - 0.00107 (\text{Pol Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) \text{Fibra} \\ &= (\text{Pol Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) \underbrace{(0.971 - 0.00107* \text{Fibra})}_{\text{Factor C}} \end{aligned} \quad R^2= 0.981$$

$$\begin{aligned} \text{BRIX CAÑA} &= 0.972 P1 + 0.00112P2 \\ &= 0.972 (\text{Brix Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) + 0.00112 (\text{Brix Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) \text{Fibra} \\ &= (\text{Brix Jugo}) (\text{Jugo absoluto}) \underbrace{(0.972+ 0.00112* \text{Fibra})}_{\text{Factor C}} \end{aligned} \quad R^2= 0.974$$

	Pol Caña	Brix Caña
Promedio	0.957	0.958
std	0.001	0.001

Datos de Caña – Prensa

Experiencia en Brasil



$$\text{PC} = \text{Pol Cext} \times (1 - 0,01 \times \text{F}\% \text{C}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{F}\% \text{C})$$

$$\text{ARC} = \text{AR Cext} \times (1 - 0,01 \times \text{F}\% \text{C}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{F}\% \text{C})$$

$$\text{ARTC} = \text{ART Cext} \times (1 - 0,01 \times \text{F}\% \text{C}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{F}\% \text{C})$$

Pero ...

$$\text{Brix}\% \text{C} = \text{Brix Cext} \times (1 - 0,01 \times \text{F}\% \text{C})$$

Rendimiento (Ecuación Fajardo)

$$\text{RTO} = (S_j - 0.3 B_j) K$$

Análisis directo vía seca Método de Louisiana

$$\text{Pol \% caña (Sc)} = S_j (1 - 0.01 F)$$

$$\text{RTO (Louisiana)} = S \times Fe \times WC \times BHE \times \frac{1}{\text{pol azúcar}}$$

Brasil

$$\text{Sc} = S_j \times (1 - 0.01 \times F) \times C$$

Donde C es un factor determinado para la prensa hidráulica

$$\text{Sc} = S_j \times (1 - 0.01 \times F) \times (1.031 - 0.00575 \times F)$$

¿QUÉ ES RENDIMIENTO TEÓRICO?

RTO teórico = Sc x Factor Recuperación

Dónde: Factor Recuperación (F_R) = $\frac{\text{RTO (teórico fábrica)}}{\text{Sc (fábrica)}}$

RTO (Teórico fábrica) = S_{jD} x (Factor SJM)

Recuperación fabril

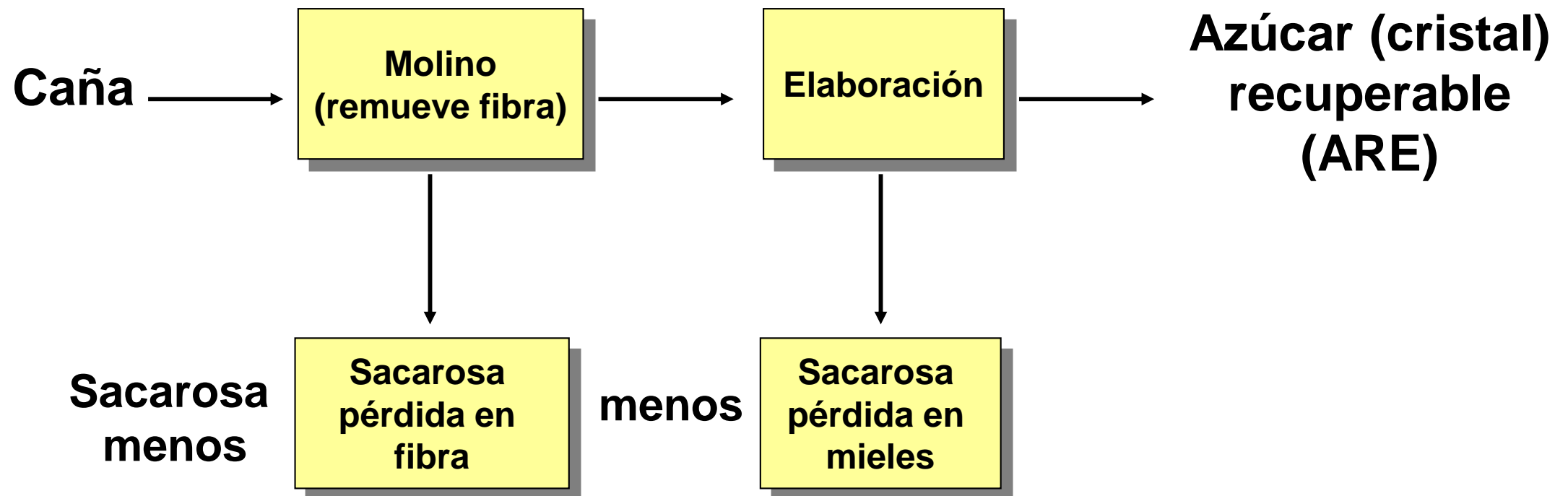
¿QUÉ ES UN RENDIMIENTO REAL?

$$\text{RTO real (fábrica)} = \frac{\text{Ton azúcar}}{\text{Ton caña}} \times 100$$

Esta se obtiene al final de un mes para obtener un **Factor de liquidación (F_L)**

Propuesta para estimar un rendimiento Basado en el DAC

Tiene como base el método Sudafricano DAC (Van - Hengel)



$$aS - cF - bN = ARE$$

Donde: S = sac % caña, N = No sac % caña, F = Fibra % caña,
a, b, c = parámetros de fábrica

Ecuación general para el cálculo del ARE (Rendimiento en fábrica)

$$\text{ARE \%} = S - 0.5 N - 0.044 F$$

Donde:

S  **Sacarosa % caña**

N  **No sacarosa % caña**

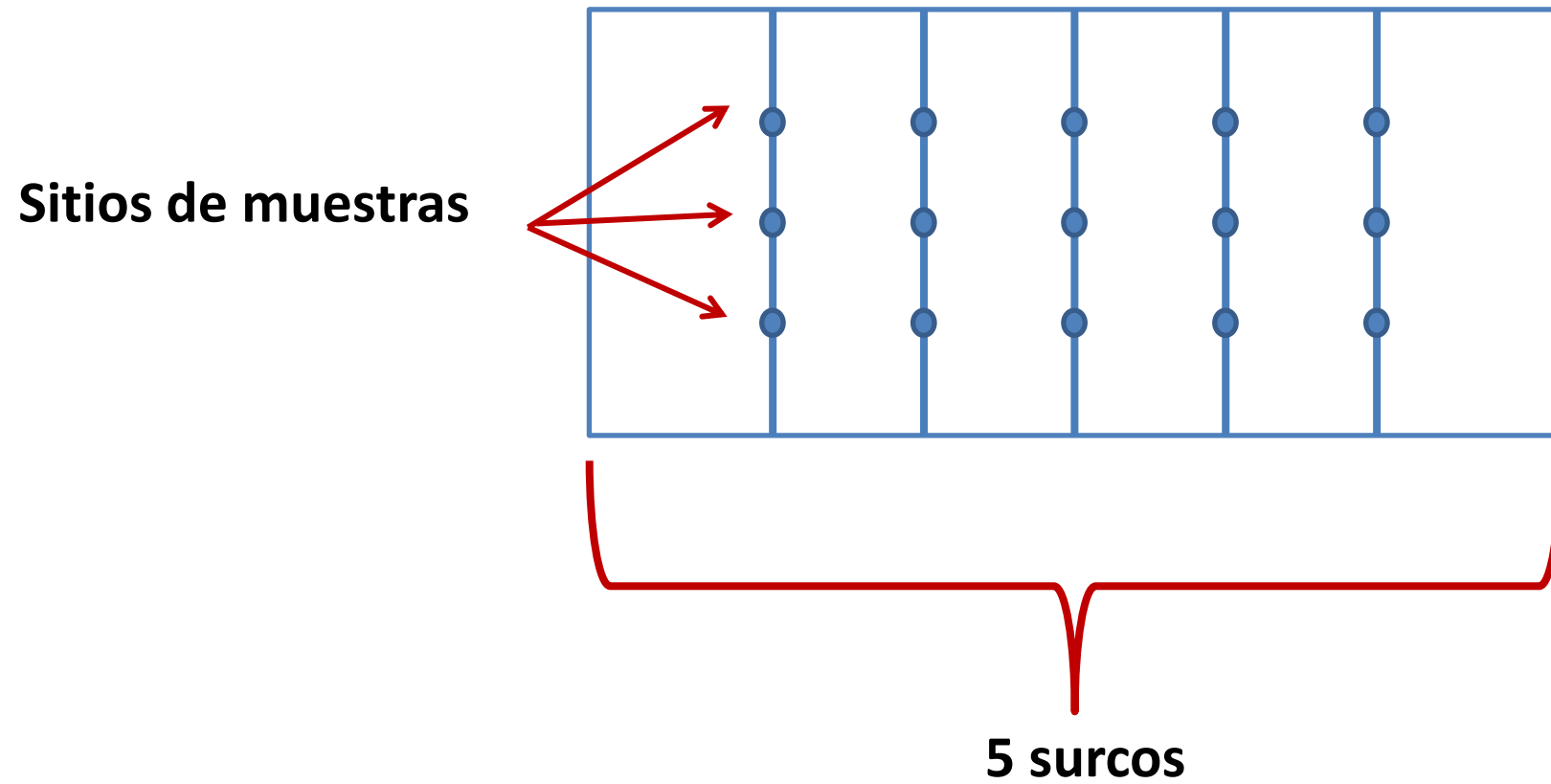
F  **Fibra % caña**

Conceptos generales de muestreo y recepción de la caña para el análisis tecnológico de la materia prima



Algunos autores (Payne, 1989) recomiendan efectuar un análisis de dos cepas de caña, por cada área que no exceda 12 ha. Otros (Cenicaña, 2001) reportan como muestreo adecuado para un error de 0,5, un muestreo de un tallo en tres sitios diferentes en cinco surcos para conformar una muestra de 15 tallos por cada lote. Los tallos deberán estar libres de impurezas (materia extraña).

Ejemplo de un sistema de muestreo de campo



Para el cálculo del número de muestras (N), puede utilizarse la siguiente

$$\text{ecuación } N = \left[\frac{t \times s}{d \times m} \right]$$

Donde:

t = Valor de “t” (estadístico) para n grados de libertad, siendo n el total de muestras posibles para ser muestreadas de una población. Generalmente, n es mayor de 120, para tener un valor de “t” igual a 1,96, al nivel de probabilidad del 5%.

s = Desviación estándar verdadera de la población. Se calcula (s) a partir de un cierto número de muestras.

d = Error o desviación permitida en el cálculo de la media (en porcentaje de la media).

m = Se refiere a la media (promedio) verdadero del parámetro analizado de la población.

EJEMPLO:

Suponiendo, que un lote homogéneo de caña de azúcar tiene un pol % caña (valor promedio de 14%) con una desviación estándar (s) de 0,8 y asumiendo además, que se desea encontrar una media de este parámetro (pol en caña) con un error del 5% (más o menos 0,7 puntos de pol en caña con relación a la media verdadera), calcule el número de muestras (N) máximas por área (lote) necesarias para el análisis.

$$N = \left[\frac{t \times s}{d \times m} \right]^2 \quad N = \left(\frac{1,96 \times 0,8}{\left(\frac{5}{100}\right) \times 14} \right)^2 \quad N = 5 \text{ muestras}$$

Donde:

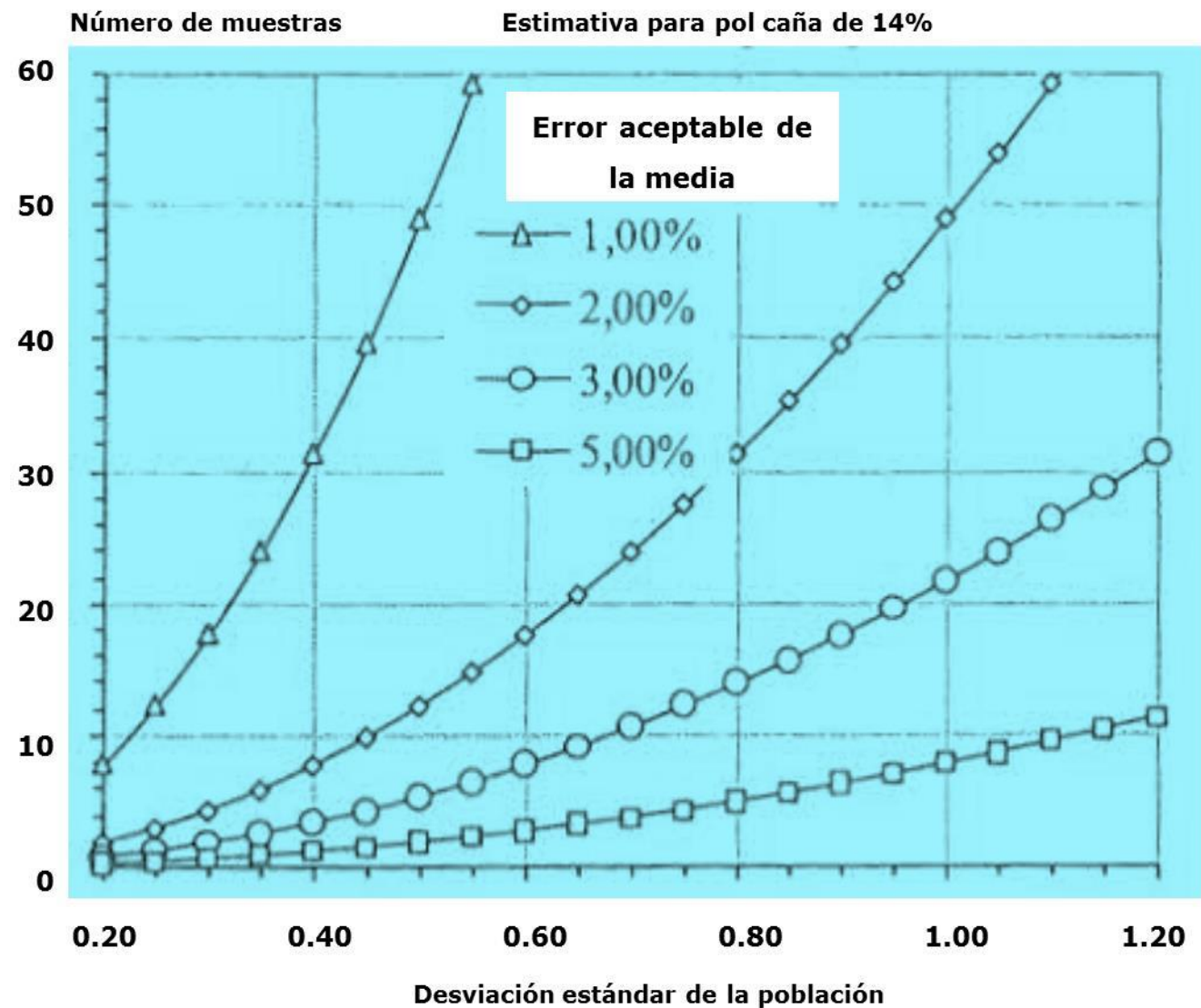
$$t = 1,96, \quad s = 0,8, \quad m = 14\%, \quad d = 5\% \text{ (o sea } 5/100)$$

Si para el ejemplo anterior se espera que el error máximo de los análisis no sea superior al 2%, entonces se tiene que el número de muestras (N) necesarias serán:

$$N = \left(\frac{1,96 \times 0,8}{\left(\frac{2}{100}\right) \times 14} \right)^2 \qquad N = 31 \text{ muestras}$$

Se puede observar en la siguiente figura que entre mayor sea la desviación estándar (mayor heterogeneidad), mayor será el número de muestras necesarias para obtener un valor medio con el mismo nivel de error.

Simulación del número mínimo de muestras (N) que deberán ser muestreadas en un lote de caña de azúcar, para una desviación estándar del pol % caña entre 0,2% y 1,2% (Valor medio esperado de pol % caña de 14%)



Bibliografía

- **Chen, (1993).** Cane sugar handbook. Twelfth, Edition, John Wiley & sons, Inc.
- **Clarke M.A., Roberts, E.J., Godshall, M.A., Brannan, M.A., Carpenter, F.G. and Coll, E.E. (1980).** Sucrose loss in the manufacture of the cane sugar. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 17: 2192-2203.
- **Egan, B.T.; Rehbein, C.A., 1963.** Bacterial deterioration of mechanically harvested cup up sugarcane during storage over weekends. Proc. Queensland Soc. Sugarcane Tech. 30:11-19.
- **Larrahondo, J.E; Orozco B.; Luna C.A.; Palma, A. E.; Moreno, C. A.; 1999,** Economic analysis of losses in sucrose content in sugarcane, using a non-destructive method. India. ISSCT. pp 333-334.
- **Larrahondo, J.E. y Briceño Beltrán, C.O. 2004.** Una aproximación a la reducción de las pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda en el sector azucarero colombiano. Cali: Cenicaña. 22 p. (Serie de procesos Industriales No.3)

Bibliografía

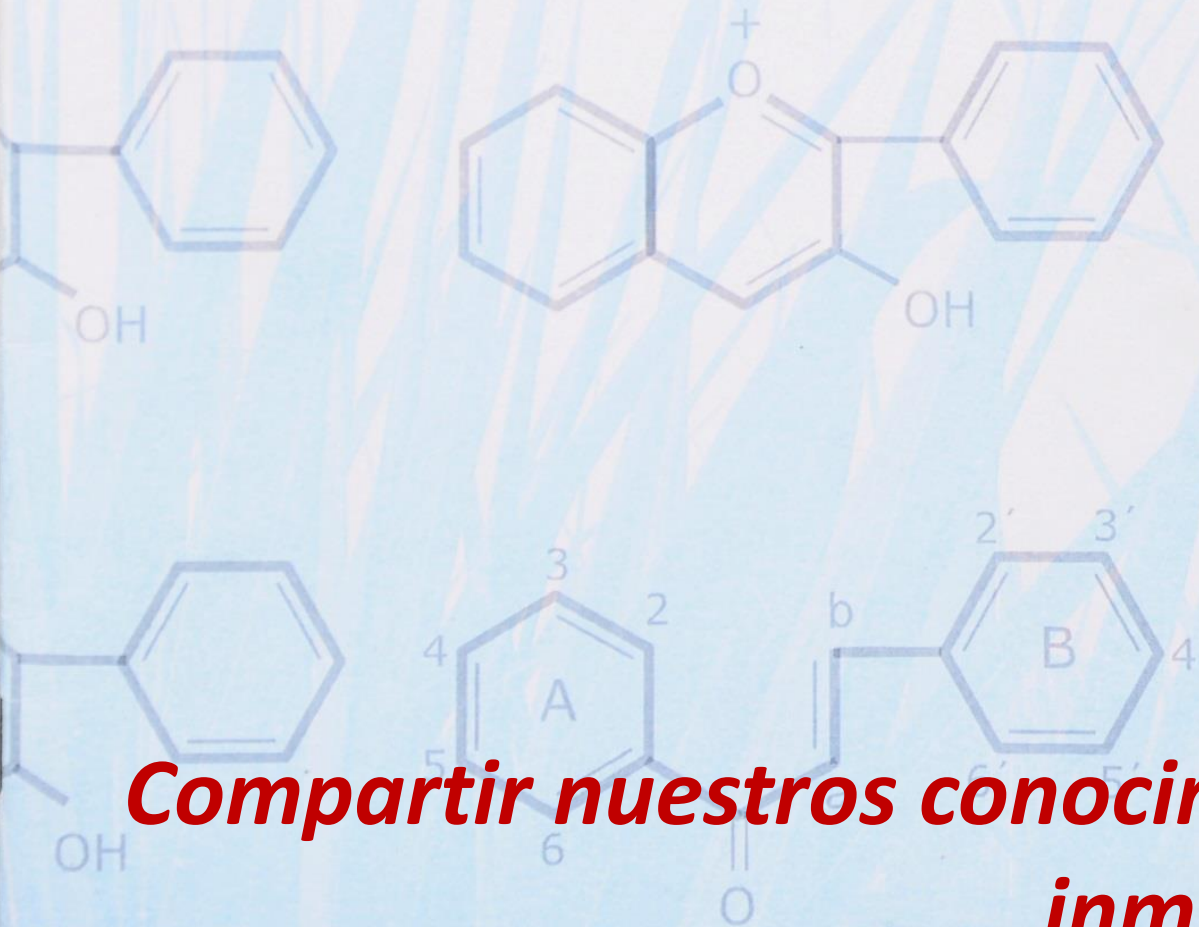
- **Lionnet, G.R.E., 1986**, Post – Harvest Deterioration of whole stalk sugarcane. Proceedings of the South African Sugar Technologist´s Association – June 1986 p. 52-57. Durban South Africa.
- **Irvine, J. E.; Legendre, B. L., 1973**. Deterioration in whole and chopped sugarcane. Proc. 1973 Meetings of ASST. pp. 174 – 181.
- **Osorio, L. F; Canabillas, M. L.; Montoya, P.; Larrahondo, J. E.; Castellar, N., 1997**. Evaluación de pérdidas de sacarosa entre corte y molienda en el Ingenio Sancarlos. En: Congreso de la sociedad colombiana de técnicos de la caña de azúcar, 4. Memorias Tecnicaña, V2, pp. 1 – 9. Cali, Colombia. 24 – 26 de Septiembre de 1997.
- **Wood, R. A., 1973**. Deterioration losses. Burnt cut vs. burnt standing cane. Proc. South African sugar technologists Ass. V.47, pp. 140 – 143. 1997.

SERIE TÉCNICA

QUÍMICA AZUCARERA

FLAVONOIDES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Presencia e importancia en el proceso agroindustrial azucarero



ANÁLISIS DE CAÑA DE AZÚCAR

Fundamentos y Procedimientos de Laboratorio



Compartir nuestros conocimientos es una forma de ser inmortal

Jesús Eliécer Larrahondo A., Ph.D.
Sonia Patricia Ordoñez M., M.Sc.

Jesús Eliécer Larrahondo A., Ph.D.

OTRAS OBRAS



EL PROCESO AZUCARERO EN POCAS PALABRAS

Larrahondo, J.E.



CÁLCULOS FUNDAMENTALES PARA EL CONTROL QUÍMICO DE LAS INDUSTRIAS DE AZÚCAR Y ALCOHOL

Caldas, C.; Larrahondo, J.E.; Cavalcante da Silva, J.R

**Compartir nuestros conocimientos es
una forma de ser inmortal**

GRACIAS

