

# Sobre la forma de expresar la concentración de la sacarosa

Manuel Wong Quiñones, Santiago Ameneiro Pérez. ICINAZ

## RESUMEN

Hasta el presente se han empleado en la literatura azucarera fundamentalmente, dos formas de expresar la concentración de la sacarosa: la razón azúcar-agua y la razón azúcar-solución.

Se hace un análisis sobre cuál de ellas describe mejor la solubilidad de la sacarosa en agua y en soluciones puras, a diferentes temperaturas.

## ABSTRACT

Two fundamental to express sucrose concentration have been used in sugar literature: sugar-water ratio and sugar-solution ratio.

An analysis to find which of them describes the best the solubility of sucrose in water, at different temperatures, is made.

## INTRODUCCIÓN

La concentración de la sacarosa es una de las magnitudes más elementales en la físico-química de la cristalización, y se relaciona con magnitudes tales como la solubilidad, sobresaturación, velocidad de crecimiento, velocidad de nucleación, etc. y que se usan para describir el desarrollo de los cristales.

Son dos las formas de expresar la concentración de la sacarosa en agua, que se han utilizado tradicionalmente en la literatura azucarera. Una de ellas es:

$$S = \frac{\text{azúcar}}{100 \text{ g de solución}} \quad 1$$

y la otra forma es:

$$C = \frac{\text{azúcar}}{100 \text{ g de agua}} \quad 2$$

La primera tiene relación más directa con los conceptos de brix (multiplicando por 100), pol y pureza, tan ampliamente usados en la industria azucarera. La segunda es la forma que generalmente se escoge para expresar el coeficiente de

sobresaturación, aunque algunos autores como Kucharenko (1) emplean el % de sacarosa para expresar este coeficiente.

En el caso de la solubilidad suele usarse ambas formas (2). No obstante, la fórmula polinomial de los valores de solubilidad en función de la temperatura se prefiere expresarla en % de sacarosa.

La primera forma es más práctica para hacer balances de materiales o algún tipo de cálculo. Además la graduación de los medios de medición está más relacionada con esta forma. La segunda es más útil

para preparar mezclas sintéticas.

Cabe preguntarse cual de las dos formas de expresión de la concentración de la sacarosa es más útil al describir los fenómenos físico-químicos que tienen lugar en la cristalización de la sacarosa. Una descripción más exacta se obtiene utilizando el concepto de actividad pero esto complica los cálculos y los hace menos práctico a nivel industrial.

En la teoría existen muchas formas de expresar las cantidades relativas de los componentes en la solución (3).

## FUNDAMENTO DEL MÉTODO

En el presente trabajo se estudia cuál de las dos formas de concentración antes mencionada, es más conveniente para una descripción matemática de la solubilidad de la sacarosa. Tradicionalmente, las funciones más empleadas han sido los polinomios. Por otra parte R. Morera (4) propuso que la dependencia de la entalpía con la temperatura en estos fenómenos es cuadrática, con algunas aproximaciones se llega a la fórmula:

$$x = Ae^{aT} \quad 3$$

donde  $x$  es la concentración y  $T$  la temperatura,  $A$  y  $a$  son dos parámetros. Esta fórmula es la que se utilizará para estos propósitos. Con ambas formas de concentración se analizará cual de ellas se ajusta mejor a los datos existentes sobre la solubilidad de la sacarosa. No obstante la dispersión propia que puedan tener los datos, es posible determinar la curva sobre la cual van a fluctuar en menor grado los resultados. Para ello se usará el método de los mínimos cuadrados. Aplicando logaritmo a 3 se obtiene:

$$\ln x = \ln A + aT \quad 4$$

que es lineal en  $\ln x$  y en  $T$ .

El problema ahora consiste en el método a utilizar para diferenciar en qué caso hay un mejor ajuste de la fórmula 4. Como la concentración se expresa de dos formas distintas, los valores de la variable  $\ln x$  serán diferentes entre sí,

según el caso. Se utilizará el siguiente procedimiento: mientras más se aleje sistemáticamente de la linealidad un conjunto de datos, más necesidad habrá de introducir términos adicionales de una potencia mayor, en particular el término cuadrático. La magnitud de este coeficiente respecto al coeficiente anterior da una medida cuantitativa de la linealidad de los datos. Si los datos estuvieran estrictamente en una línea recta el coeficiente cuadrático sería cero. En definitiva el objetivo que se persigue es conocer donde la linealidad es mayor.

Luego se determinará para cada conjunto de datos los coeficientes de

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \quad 5$$

y se determinará con cuál de las dos formas de concentración la razón  $a_2/a_1$  es menor.

Para facilitar los cálculos es posible utilizar la temperatura en grados centígrados. Esto sólo haría multiplicar  $A$  por una constante.

Se usarán los valores de solubilidad hallados por Charles (5) por ser uno de los trabajos más reconocidos. También se emplearán los valores hallados en un trabajo anterior (6). Estos datos se muestran en la tabla 1.

Para determinar los coeficientes de 5 se emplearán los métodos estadísticos tradicionales sobre regresión (7).

## RESULTADOS OBTENIDOS

El ajuste de los datos existentes a la fórmula 4 puede observarse en las figuras 1 y 2, S según los datos de la tabla 1, y C según los datos de Charles.

Aplicando el método descrito anteriormente se obtiene para los datos de Charles:

$$y_s = -0,4580 + 0,00242t + 0,0000038t^2$$

$$(a_2/a_1)_s = 0,00157 \quad 6$$

$$y_c = 0,5732 + 0,00462t + 0,000057t^2$$

$$(a_2/a_1)_c = 0,0123 \quad 7$$

El subíndice s se refiere a la razón azúcar-solución y el subíndice c a la razón azúcar-agua. Puede observarse que  $(a_2/a_1)_s$  es ocho veces menor que  $(a_2/a_1)_c$ . Similarmente según los datos de la tabla 1 se obtiene:

$$y_s = -0,4593 + 0,00269t + 0,00000039t^2$$

$$(a_2/a_1)_s = 0,000145 \quad 8$$

$$y_c = -0,5579 + 0,00605t + 0,0000407t^2$$

$$(a_2/a_1)_c = 0,00673 \quad 9$$

$(a_2/a_1)_s$  es en este caso 46 veces menor que  $(a_2/a_1)_c$ . Por otra parte  $(a_2/a_1)_s$  según los datos de Charles es 11 veces mayor que usan

do los datos de la tabla 1.

Si se ajustase por el método de los mínimos cuadrados una línea recta, se obtendría las siguientes ecuaciones según los datos de Charles:

$$y_s = -0,4675 + 0,00284t \quad 10$$

$$y_c = 0,4305 + 0,0109t \quad 11$$

y según los datos de la tabla 1:

$$y_s = -0,4603 + 0,00274t \quad 12$$

$$y_c = 0,4563 + 0,0105t \quad 13$$

Note que los coeficientes que multiplican a t en las fórmulas 10 y 12 no difieren apreciablemente de los de las fórmulas 6 y 8, en cambio los de las fórmulas 11 y 13 si difieren de los de las fórmulas 7 y 9.

Es de destacar que los valores de solubilidad mostrados en la tabla 1 fueron calculados expresando la concentración como la razón azúcar-agua, no obstante los resultados obtenidos apuntan hacia la otra forma de expresión. Esto elimina la posibilidad de que dichos resultados se deban a la forma de expresión de la concentración con que se obtuvieron los datos iniciales. Por otra parte, al utilizar C, el ajuste se va alejando sistemáticamente de la línea recta de la ecuación transformada.

## CONCLUSIONES

- Para describir la solubilidad de la sacarosa es mejor expresar la concentración en la razón azúcar-solución.

- Los datos de solubilidad de la tabla 1 se ajustan mejor a la fórmula 3 que los datos reportados por Charles.

TABLA 1.

Valores de la solubilidad de la sacarosa

t (°C)	Brix
20	66,85
30	68,41
40	70,41
50	72,55

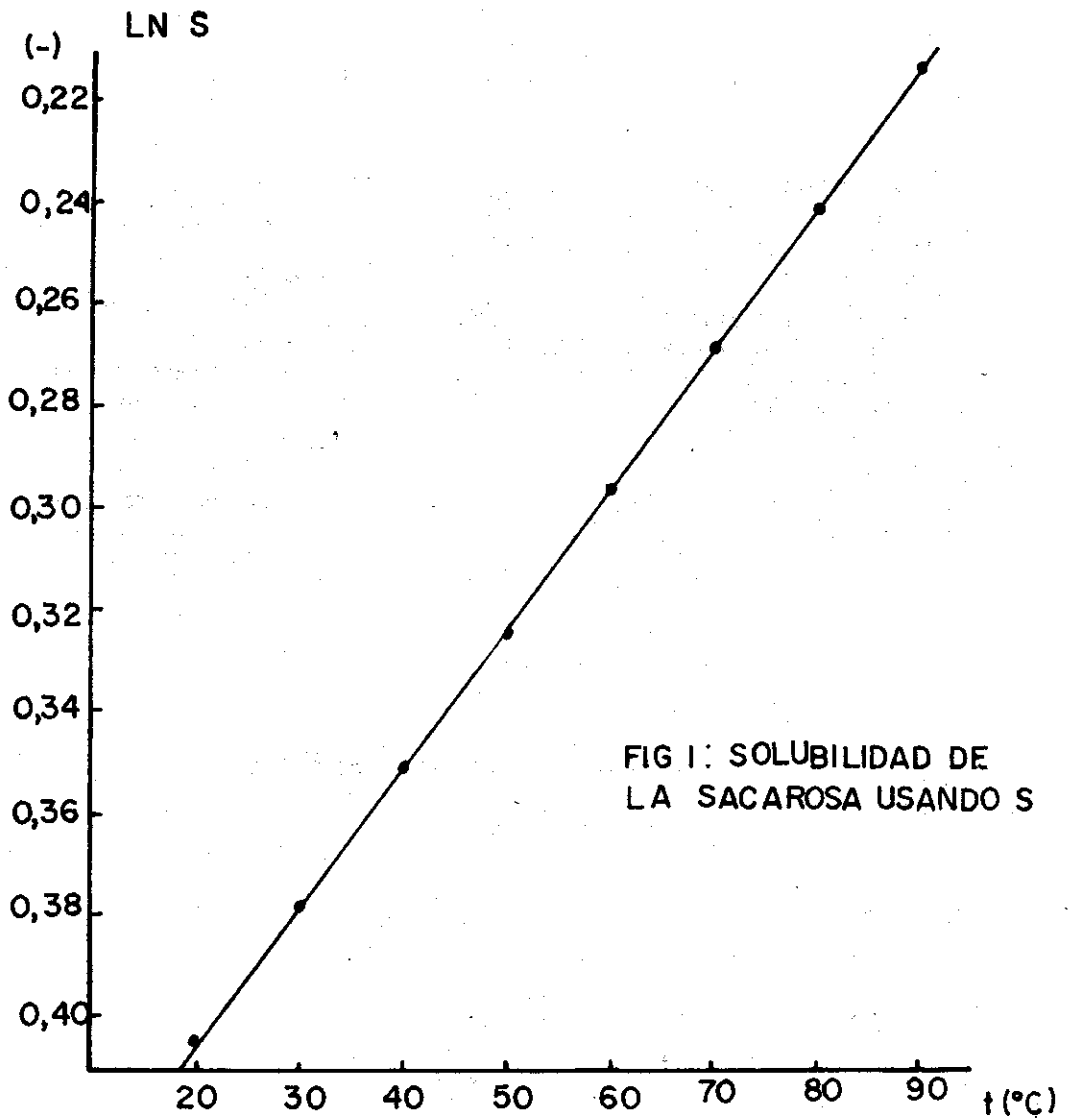
Valores de la solubilidad de la sacarosa

t(°C)	Brix
60	74,58
70	76,40
80	78,62
90	80,70

BIBLIOGRAFÍA

1. Honig, P.  
Principios de Tecnología Azucarera, tomo II, cap 4, Compañía Editorial Continental S.A. España, 1969.
2. Spencer-Meade; Manual del Azúcar de caña, pág 811-12, Ed. Revolucionaria, La Habana, 1967, tomada de la 9na edición en inglés.
3. Guerasimov, Ya. et al  
Curso de Química Física, tomo I, Editorial Mir. Moscú, 1971.
4. Morera, R.  
V Conf, Científica, Icinaz, La Habana, 1980.
5. Charles, D.F.  
I.S.J. 1960, pág 126-31.
6. Wong, M.  
Informe Final, Icinaz, La Habana, 1981.
7. Hoel, P.G.  
Introducción a la Estadística Matemática, cap 7, Ed. Revolucionaria, La Habana, tomada de la edición de 1968.

Recibido: 13 de diciembre de 1983.



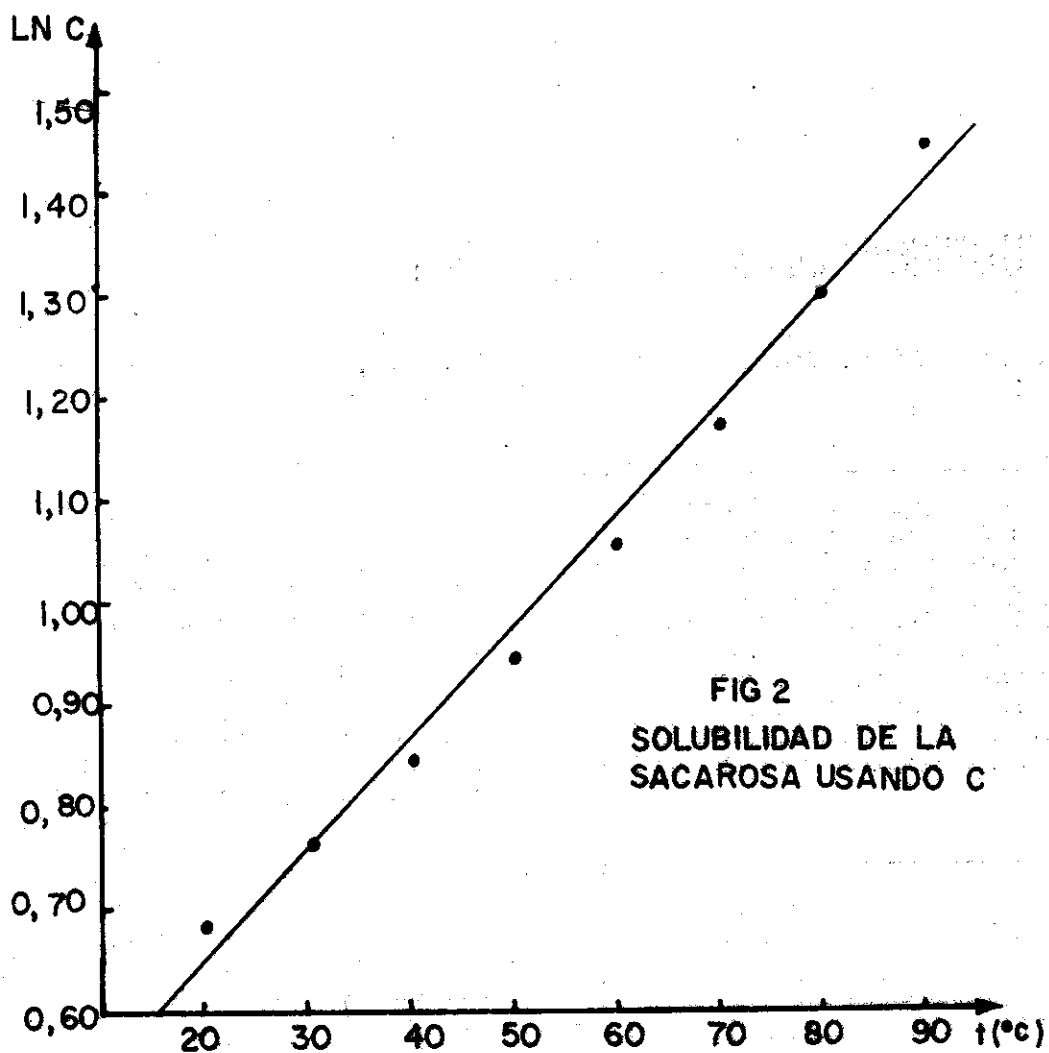


FIG 2  
SOLUBILIDAD DE LA  
SACAROSA USANDO C