

Curso Profesional en Agua Cervecera (Clase 4)



Lic. Sebastián Oddone
ESPECIALISTA EN FERMENTACIONES INDUSTRIALES

Unidades

1 Mol $\equiv$ cantidad M determinada de moléculas

1 Eq (ácido/base) $\equiv$ cantidad de protones que libera o absorbe un Mol de moléculas

HCl (1 Mol es igual a 1 Eq)

CO₃²⁻ (1 Mol es igual a 2 Eq)

Unidades

La Masa Molar de una sustancia es igual al peso de 1 Mol de moléculas

Ejercicio: calcular la masa molar del Carbonato de Calcio CaCO_3

El peso equivalente de una sustancia es igual a la masa molar dividido el número de equivalentes que provee

Como CaCO_3 aporta 2 Eq, luego el peso equivalente será 50 gramos/Eq

Peso equivalente

PESO DEL MILIEQUIVALENTE DE ALGUNOS IONES

CATIONES	PESO DE UN MILIEQUIVALENTE (en mg)	ANIONES	PESO DE UN MILIEQUIVALENTE (en mg)
Ca^{2+}	20	SO_4^{2-}	48
Mg^{2+}	12.15	CO_3^{2-}	30
K^+	39.10	HCO_3^-	61
Na^+	23	Cl^-	35.45
H^+	1	NO_3^-	62
NH_4^+	18	HPO_4^{2-}	48

Determinación	Símbolo	Valencia	Unidad de medida	Peso Atómico
Constituyentes				
Cationes				
Calcio	Ca	+2	me/L	40,1
Magnesio	Mg	+2	me/L	24,3
Sodio	Na	+1	me/L	23
Potasio	K	+1	me/L	39,1
Amonio	NH_4	+1	me/L	18
Aniones				
Carbonato	CO_3	-2	me/L	60
Bicarbonato	HCO_3	-1	me/L	61
Sulfato	SO_4	-2	me/L	96,1
Cloruro	Cl	-1	me/L	35,5
Nitrato	NO_3	-1	me/L	62

Concentración

Una solución **1 M (1 molar)** es una solución que contiene 1 mol/litro o 1 mmol/ml

Una solución **1 N (1 normal)** es una solución que contiene 1 Eq/litro o 1 mEq/ml

Valores óptimos de pH

**Para el
macerado**



**Entre 5,2 y
5,6**

**Para el agua
de lavado**



Menor a 6,0

**Para el fin de
la cocción**



**Entre 5,1 y
5,2**

**Para cerveza
terminada**



**Entre 4,2 y
4,6**

Lograr un pH en la cerveza menor a 4,4 favorece la maduración, el consumo del diacetilo, la claridad de la cerveza, la estabilidad biológica y las notas más refinadas

Los actores que regulan el pH

Los fosfatos de la malta, los carbonatos/bicarbonatos del agua, el Calcio y el Magnesio

Los fosfatos de la malta reaccionan con el Calcio disuelto para formar fosfato de calcio el cual precipita, se libera un protón que reaccionan con los carbonatos disueltos y generan CO_2 y H_2O
Se reduce por lo tanto la alcalinidad.

Por su parte las maltas caramelo y las más oscuras presentan ácidos orgánicos y melanoidinas que también ayudan a bajar el pH

Por ejemplo, si se utiliza un 10% de maltas caramelo, el pH puede bajar unos 0.3 puntos

Si utilizamos un 20% de estas maltas puede bajar hasta 0.5 puntos.

Las maltas modifican el pH

Malt	Malt Source - T Troester - B Bies et al.	Color °L	DI pH
2-row base	Rahr-T	2	5.56
2-row base	Briess-B	2	5.80
Munich 10	Weyermann-T	10	5.54
Munich 10	Briess-B	10	5.52
caramel 20	Briess-T	20	5.22
caramel 20	Briess-B	20	4.81
caramel 40	Briess-T	40	5.02
caramel 40	Briess-B	40	4.51
caramel 60	Briess-T	60	4.66
caramel 60	Briess-B	60	4.67
caramel 120	Briess-T	120	4.75
caramel 120	Briess-B	120	4.67
roasted barley	Briess-T	300	4.68
roasted barley	Briess-B	300	4.42
black malt	Briess-T	500	4.62
black malt	Briess-B	500	4.40

**Maltas
con agua
destilada**

¿Qué es un buffer o amortiguador químico?

Es un compuesto químico que tiende a resistir a los cambios de pH



El buffer bicarbonato es el principal en el agua

El buffer fosfato es el principal de la malta

La Alcalinidad del Agua

La alcalinidad (o capacidad buffer) se mide en mg/L de CaCO_3

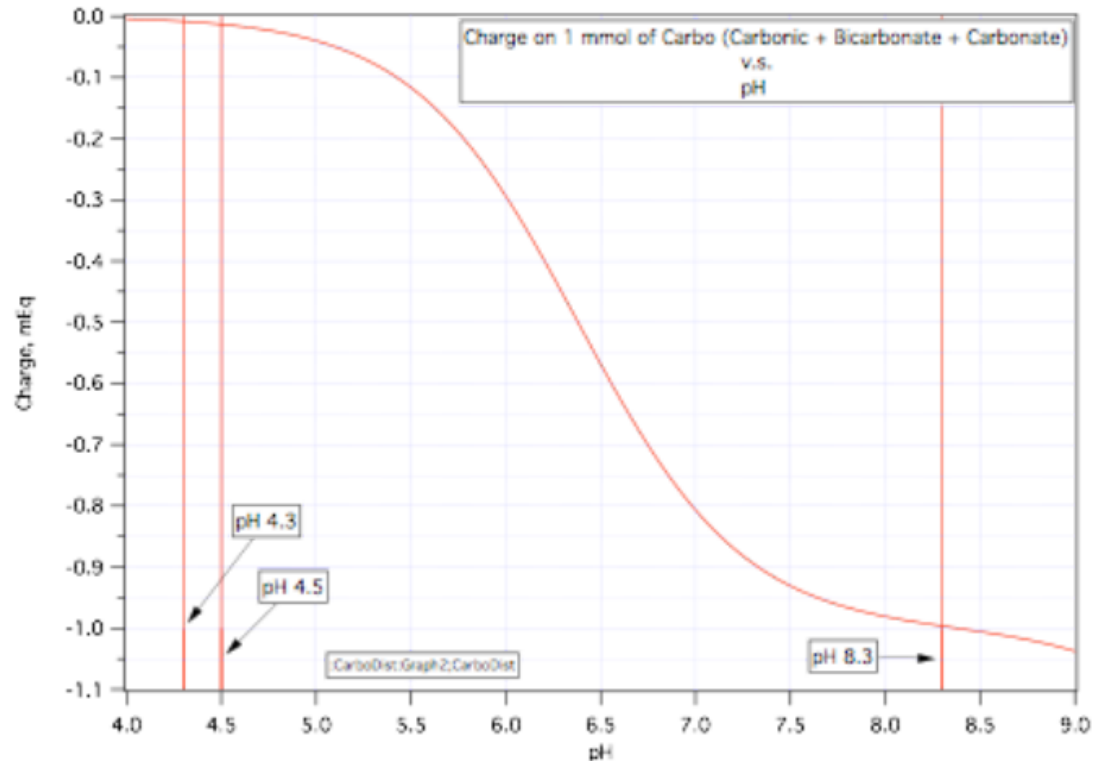
Rangos de alcalinidad	
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

La alcalinidad se define como la cantidad de ácido fuerte necesaria para bajar el pH hasta 4,3. Este es el punto en el que se agotan las especies carbonato y bicarbonato. Por lo tanto, también se puede definir como la cantidad de mmol/litro de especies carbonato multiplicada por la «carga de miliequivalentes» (mEq/mmol) en función del pH.

La Alcalinidad del Agua

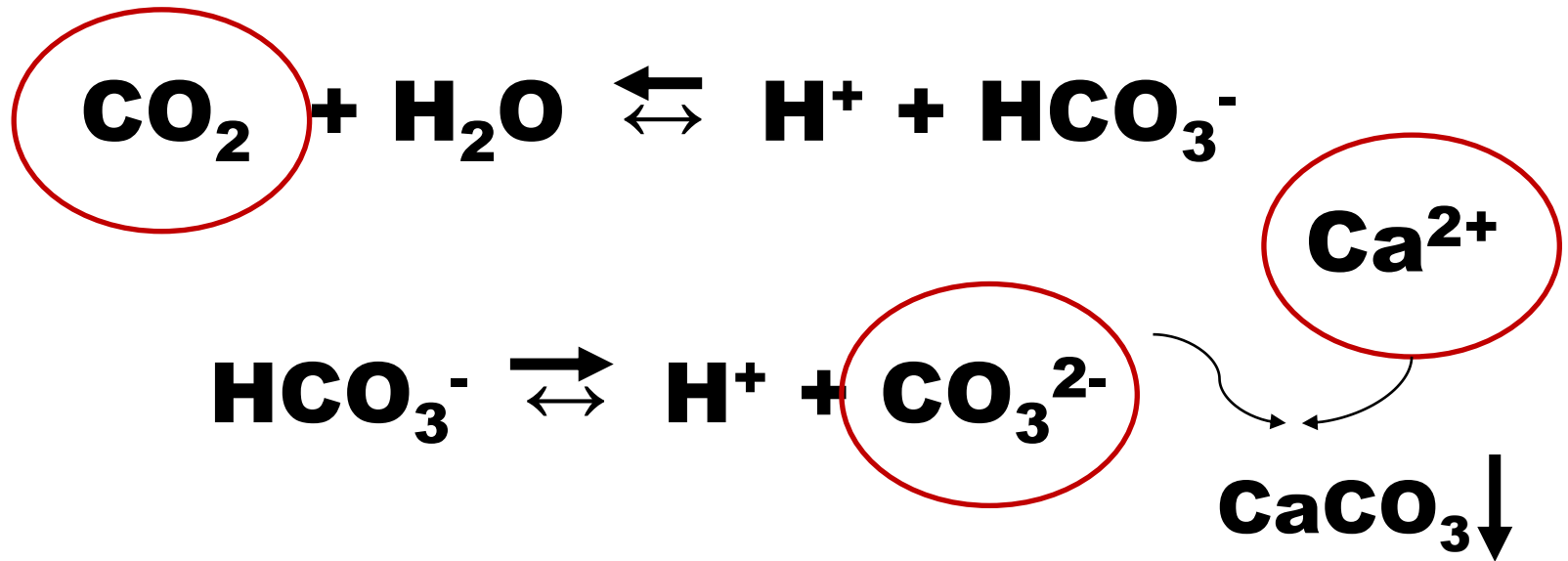
$$Alk_{Agua} \left(\frac{mEq}{L} \right) = c_T \left(\frac{mmol}{L} \right) \times Carga_{pH} \left(\frac{mEq}{mmol} \right)$$

La Carga, se puede
estimar gráficamente



¿Cómo reducir la alcalinidad?

Hirviendo el agua, el CO_2 se escapa, con el consecuente aumento del pH (el bicarbonato chupa protones para dar más CO_2). El incremento en el pH hace que más especies de bicarbonato se conviertan en Carbonato, que en presencia de Calcio precipita como Carbonato de Calcio (tiza)

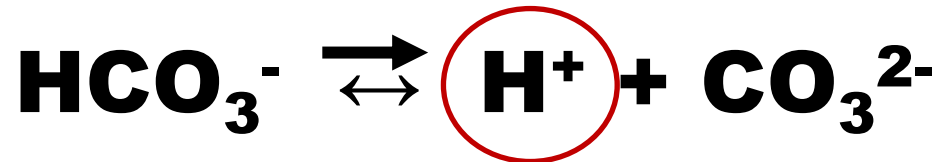
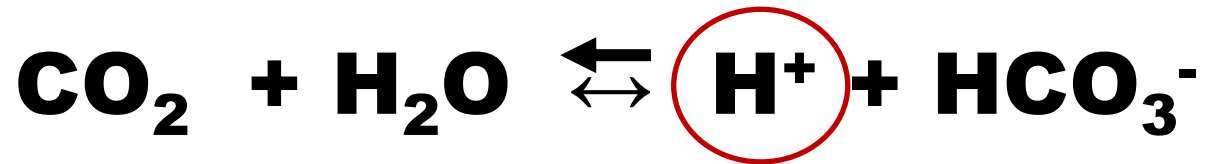


Esto se puede dar hasta llegar a 50 ppm de CaCO_3 en cual ya no precipita.

Ojo que también se elimina Calcio!!!

¿Cómo reducir la alcalinidad?

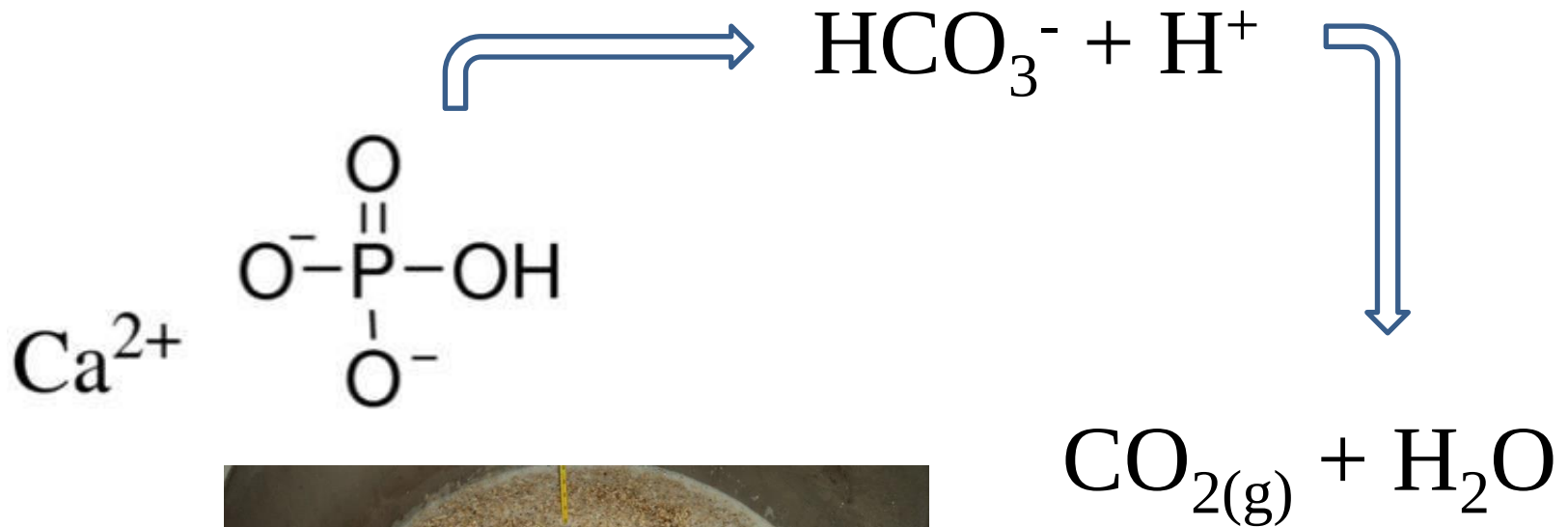
Agregando ácidos. El carbonato se convierte en bicarbonato, el bicarbonato en ácido carbónico, se elimina CO₂ gaseoso y va bajando la alcalinidad.



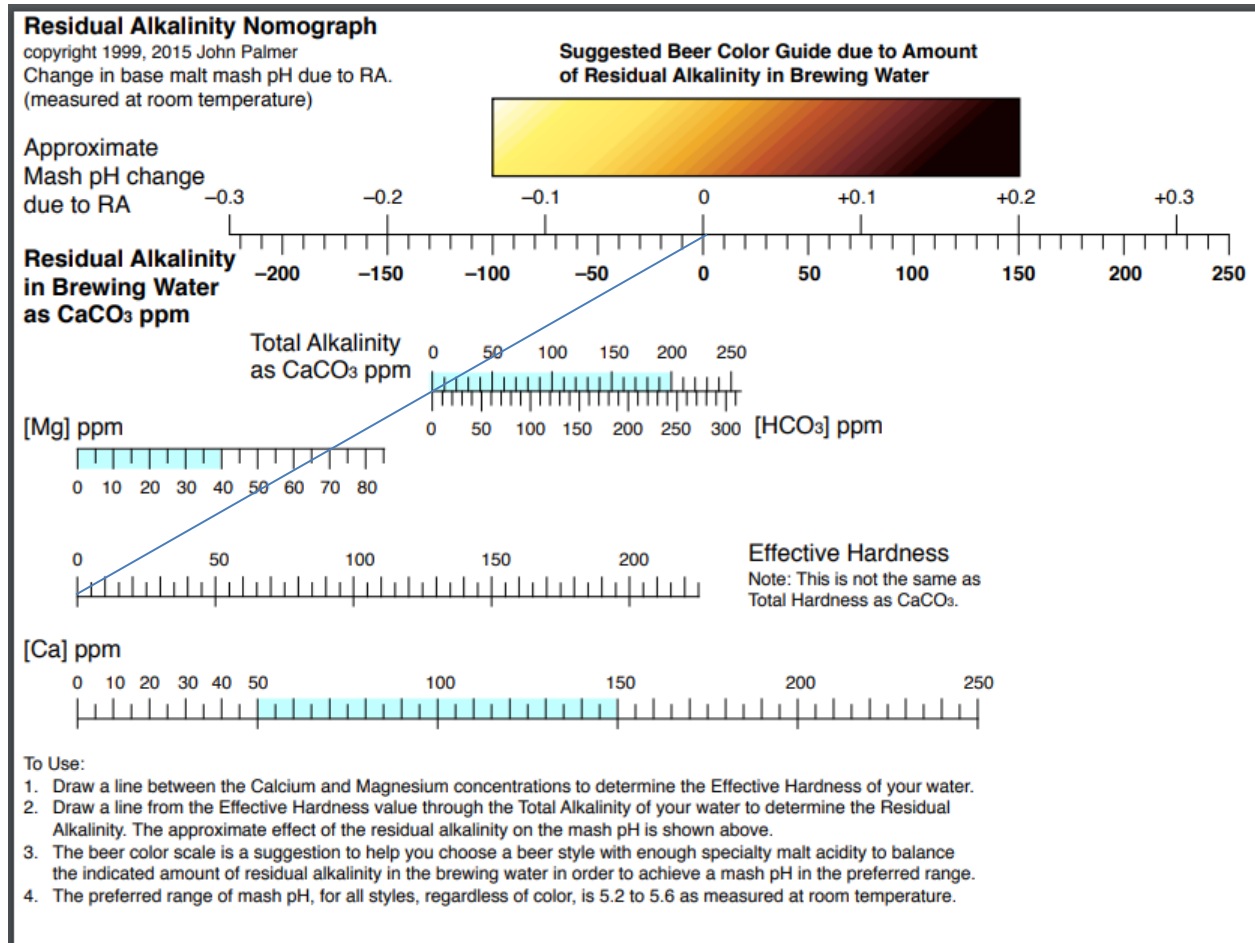
¿Cuánto ácido hay que agregar?

¿Cómo reducir la alcalinidad?

Agregando calcio y/o magnesio en presencia de malta (empaste)



Con agua destilada (sin Calcio, Magnesio ni Carbonatos), las reacciones de los fosfatos de las maltas base reducen el pH a 5.7 aprox. RA del agua es 0 (cero)



Sin embargo, aún hay que bajar a 5.4. Esto se puede lograr agregando Calcio, Magnesio, maltas oscuras o ácidos grado alimenticio.

Si no es agua destilada o tratada por ósmosis, luego aparecen todos los actores que regulan el pH

Los fosfatos de la malta, los carbonatos/bicarbonatos del agua, el Calcio y el Magnesio

Los fosfatos de la malta reaccionan con el Calcio/Magnesio disuelto para formar fosfato de calcio/magnesio el cual precipita, se libera un protón que reaccionan con los carbonatos disueltos y generan CO_2 y H_2O

Se reduce por lo tanto la **alcalinidad**.

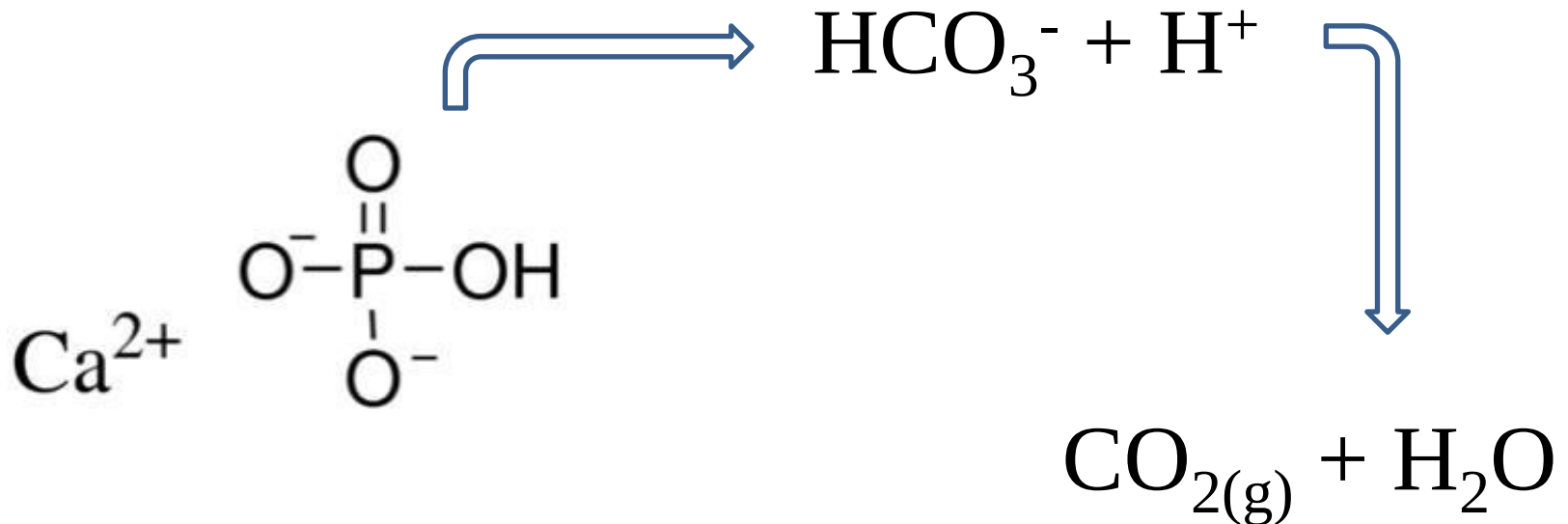
Por su parte las maltas caramelo y las más oscuras presentan ácidos orgánicos y melanoidinas que también ayudan a bajar el pH

Por ejemplo, si se utiliza un 10% de maltas caramelo, el pH puede bajar unos 0.3 puntos

Si utilizamos un 20% de estas maltas puede bajar hasta 0.5 puntos.

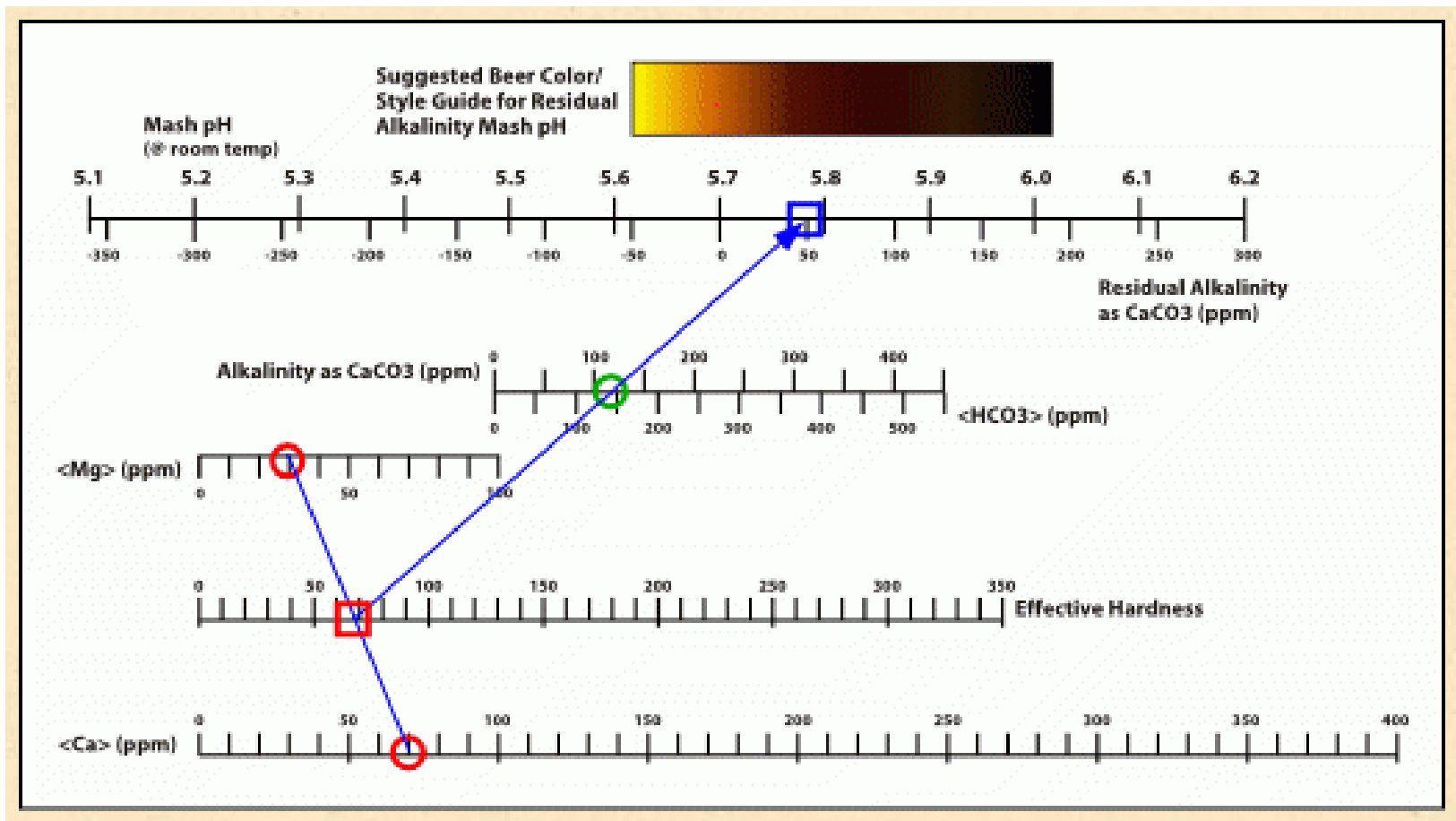
Gráficamente

Las maltas tienen aprox 1% de fosfatos.

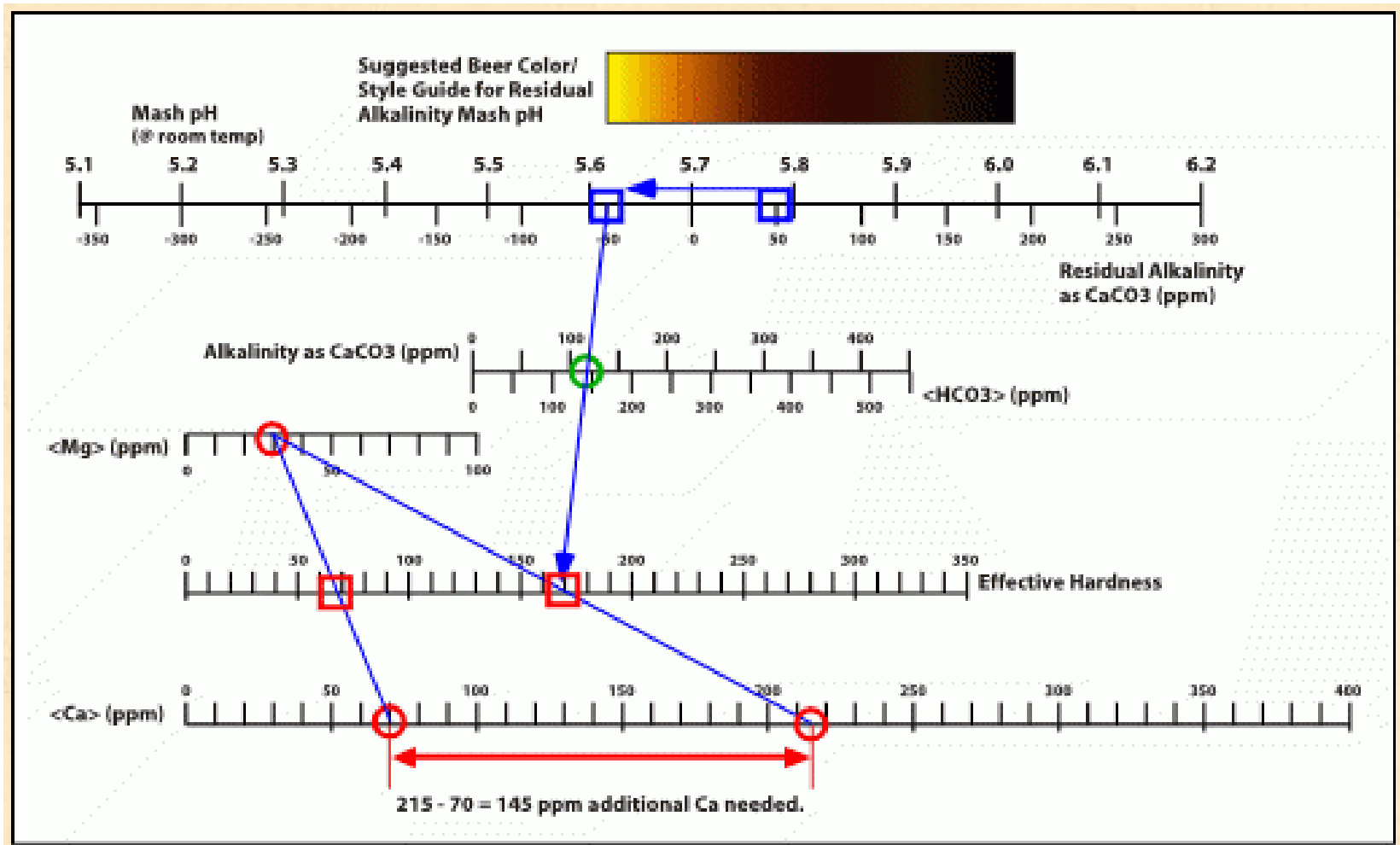


Observar que 1% de fosfato equivale aprox a 2000 ppm de Fosfato. Mientras que los niveles de Calcio están cerca de 100 ppm. Quiere decir que normalmente luego del macerado los niveles de Calcio se agotan.

¿Cuáles son los estilos ideales para mi agua?



¿Cómo bajar el pH agregando Calcio?



Dureza del Agua (como CaCO_3)

$$\text{Dureza Total} = 50x \left(\frac{[\text{Ca}]}{20} + \frac{[\text{Mg}]}{12.1} \right)$$

$$\text{Dureza Total} = \text{Dureza Temporal} + \text{Dureza Permanente}$$

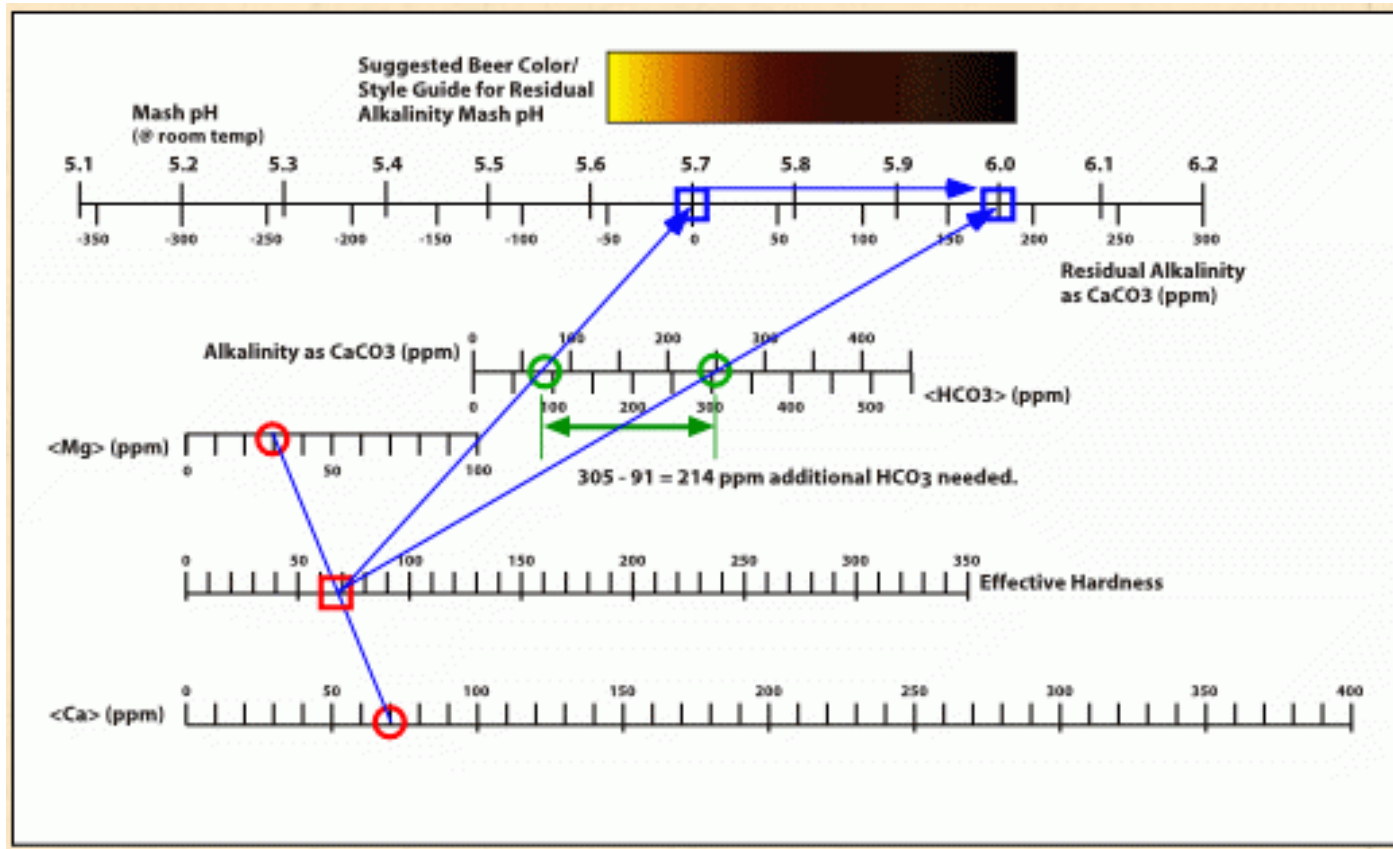
La Dureza temporal es la que se puede eliminar por precipitación del Carbonato de Calcio, calentando

Si la alcalinidad total excede la dureza total toda la dureza puede ser temporal o de carbonatos y la alcalinidad en exceso es debida al sodio.

Si la alcalinidad y la dureza total son iguales toda la dureza es carbonatos.

Si la alcalinidad total es menor a la dureza total, la dureza de carbonatos es igual a la alcalinidad total y el exceso de dureza es permanente o no carbonatada.

También se puede subir el pH agregando Alcalinidad

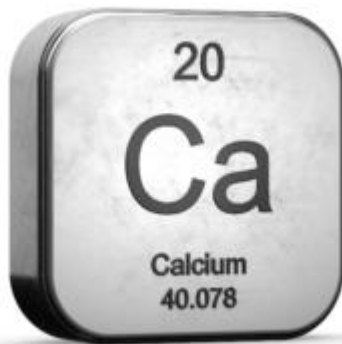


Si lo hago con bicarbonato estoy sumando Sodio (harsh)
Si lo hago con Carbonato estoy sumando dureza (recalcular)

Importancia del Calcio y Magnesio

Calcio (2+): ayuda a disminuir el pH, estabiliza a la alfa-amilasa, ayuda a flocular levaduras y coágulos. (máx. 250ppm)

Magnesio (2+): esenciales para el funcionamiento de algunas enzimas (máx. 50ppm)



Importancia del Calcio y Magnesio

The effects of increased magnesium and calcium concentrations on yeast fermentation performance in high gravity worts

Abstract

E. M R Rees, Graham G. Stewart

Journal of the Institute of Brewing

Published - Sep 1997

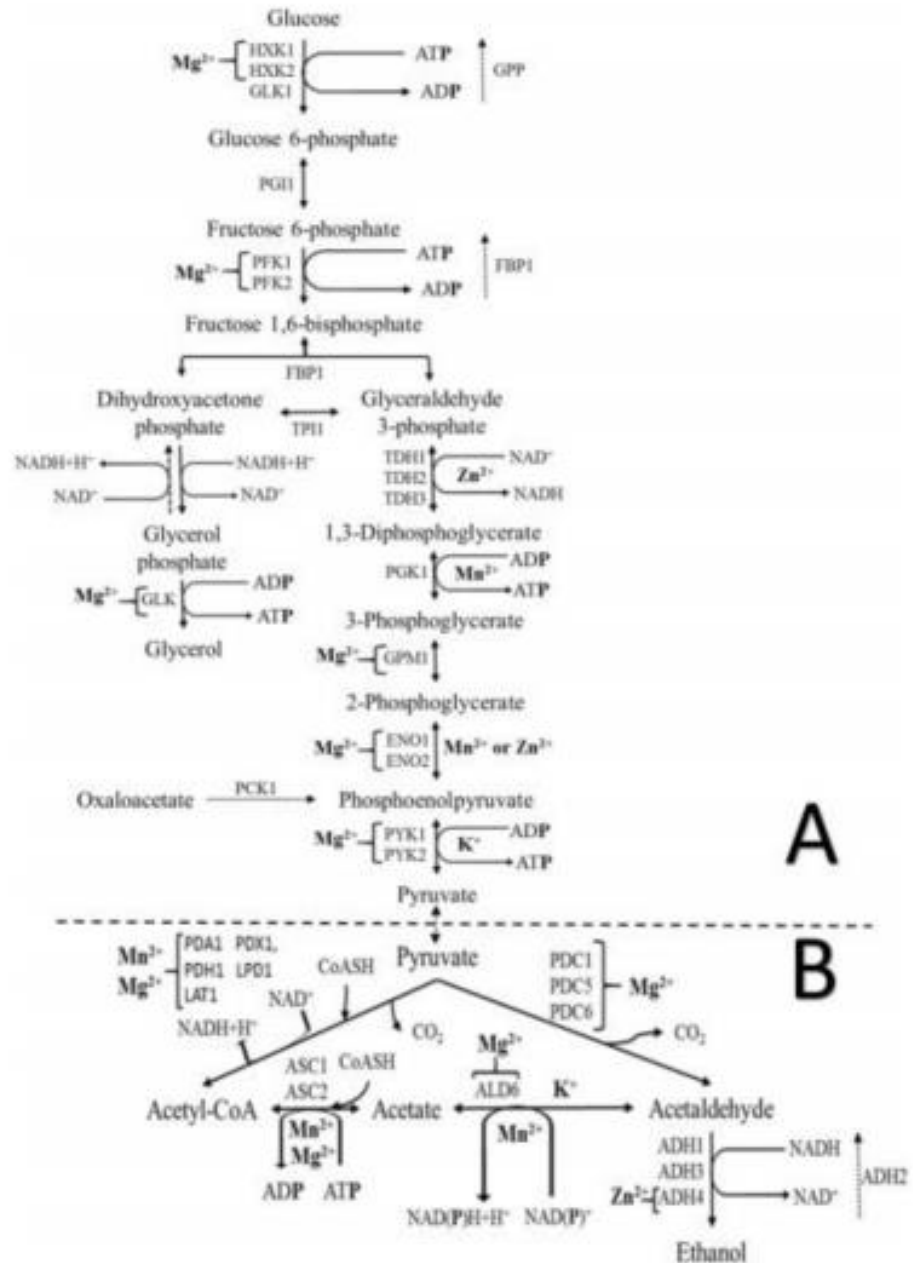
The response of a number of *Saccharomyces cerevisiae* (ale) and *Saccharomyces uvarum* (*carlsbergensis*) (lager) strains to altered starting levels of magnesium and calcium in 12°P (1048 original gravity) or 20°P (1080 original gravity) wort were investigated. In general, the same trends were observed in all 6 strains, however the extent of the response to adjusted levels of magnesium and calcium were found to be strain dependent. The results indicate that an increased ratio of magnesium to calcium causes an increase in the initial fermentation rate, the rate and yield of ethanol produced and an increase in vitality at the end of fermentation, in all strains employed. Upon increasing the calcium to magnesium ratio it was found that the initial fermentation rate was decreased, resulting in an increased attenuation time in the case of the lager strains. It was also noted that increasing the calcium to magnesium ratio led to a decreased ethanol production, maltotriose uptake, and in the case of the lager strains, maltose uptake was also adversely affected under these conditions. Altering the calcium and magnesium levels had no effect on the viability of the yeast or on glycogen levels.

Importancia del Calcio y Magnesio

Influence of Magnesium and Calcium Variability on Yeast Fermentation Performance²⁴

YEAST STRAIN	MEDIUM	MAGNESIUM (MG/L)	CALCIUM (MG/L)	MAGNESIUM TO CALCIUM	FINAL ETHANOL (% V/V)	DIFFERENCE
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> DBV 2168	White wine must	67	136	0.5	7.1	0 (control)
		1,217	114	10.7	8.7	+1.6
		47	768	0.06	4.8	-2.3
<i>S. cerevisiae</i> DCLM	Cane molasses	100	450	0.22	5.6	0 (control)
		190	450	0.42	6.8	+1.2
<i>S. cerevisiae</i> NCYC 1109	(OG 1062)	225	140	1.6	6.0	0 (control)
		257	710	0.36	5.8	-0.2
		265	1,675	0.16	5.7	-0.3
		280	2,100	0.13	4.8	-1.2
<i>S. cerevisiae</i> DCLM		1,500	10,000	0.15	5.7	0 (control)
		1,500	1,000	1.5	7.7	+2.0

Importancia del Calcio y Magnesio



Importancia del Calcio y Magnesio

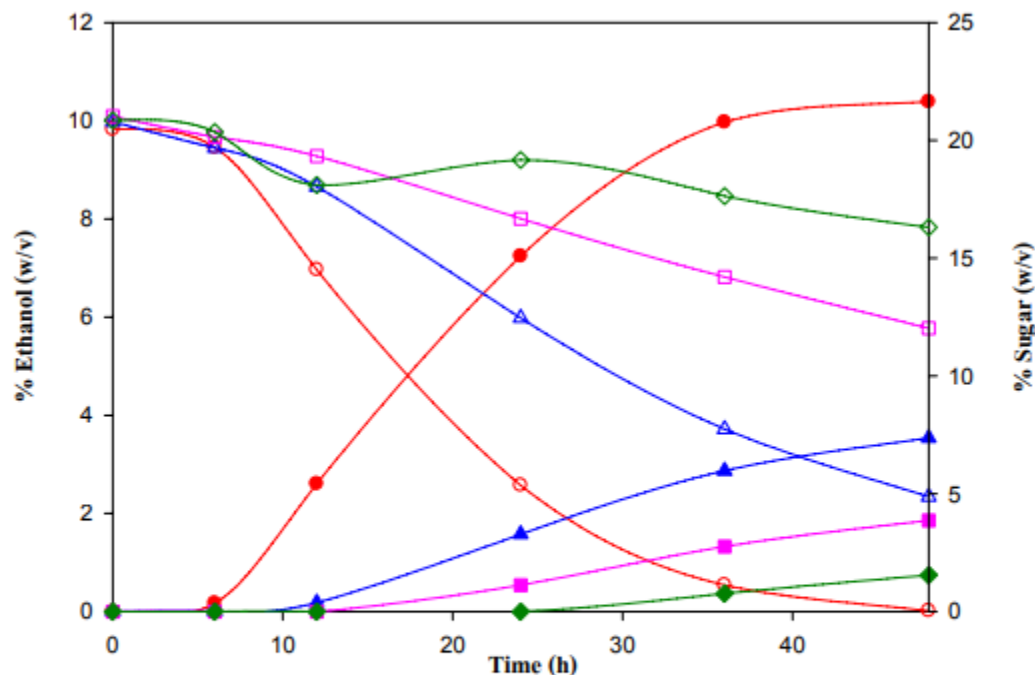


Fig. 1—Changes of ethanol and sucrose concentrations during fermentation of sucrose (20% w/v) having different calcium concentrations (0–2.16% w/v of Ca²⁺) by *Saccharomyces cerevisiae*. (Open symbols represent sugar contents and filled symbols represent ethanol content at different calcium concentrations; ○, ● 0%; △, ▲ 0.72%; □, ■ 1.44% and ◇, ◆ 2.16% Ca²⁺).

Aporte de minerales de las maltas

Effect of Malting on Chemical Composition, Minerals Content and Microbiological Quality
in Different Varieties of Barley (*Hordeum vulgare*)

Saeed Abdullah Badahdah ^{*1}, Baraka Mohamed Kabeir Baraka¹ and Salma Elghali
Mustafa¹

1.Department of Food Science and Technology, College of Agricultural Studies, Sudan University of
Science and Technology, P.O. Box 71, Shambat, Khartoum North, Sudan.

*Corresponding author: Email saeed_seef@hotmail.com

Article history: Recieved: October 2018

Accepted: November 2018

Table 3: Mineral content (mg/100g) of non-malted and malted barley

Minerals	Treatment	Varieties		
		A	B	C
Ca	Non-malted	27.17±1.37 ^a	212.11±4.88 ^b _a	24.35±1.38 ^a _a
	Malted	26.66± 0.54 ^a	207.95±5.88 ^b _a	22.52±0.20 ^a _b
K	Non-malted	298.67±0.81 ^a _a	266.68±1.17 ^b _a	252.67 ±4.02 ^c _a
	Malted	277.27±5.54 ^a _b	249.82±9.86 ^b _b	220.11±0.60 ^c _b
P	Non-malted	228±5.75 ^a _a	231.6±1.10 ^a _a	209.81±0.95 ^b _a
	Malted	210.99±1.21 ^a _b	228.15±5.07 ^b _a	213.66±2.31 ^a _a
Na	Non-malted	9.60±0.63 ^a _a	6.56±0.26 ^b _a	8.19±0.63 ^c _a
	Malted	6.56±0.25 ^a _b	5.38±0.095 ^b _b	6.56±0.26 ^a _b
Cu	Non-malted	0.95± 0.29 ^a _a	0.54±0.03 ^b _a	0.68±0.02 ^c _a
	Malted	0.73±0.05 ^a _b	0.49±0.011 ^b _a	0.51±0.1 ^b _b
Fe	Non-malted	2.54± 0.020 ^a _a	1.93±0.68 ^b _a	2.12±0.01 ^b _a
	Malted	1.96±0.15 ^a _b	1.55±0.12 ^a _b	2.04±0.03 ^a _b
Mg	Non-malted	64.27 ±2.31 ^a _a	52.64±0.39 ^b _a	68.53±0.92 ^c _a
	Malted	60.53±0.68 ^a _a	51.37±0.95 ^b _a	60.87±0.77 ^a _b
Mn	Non-malted	1.29± 0.02 ^a _a	1.15± 0.05 ^b _a	1.23±0.06 ^a _a
	Malted	1.08±0.01 ^a _b	1.02±0.051 ^b _b	1.02±0.01 ^b _b
Zn	Non-malted	1.65± 0.13 ^a _a	1.49±0.12 ^a _a	1.77±0.26 ^a _a
	Malted	1.48±0.30 ^a _a	1.55±0.18 ^a _a	1.31±0.1 ^a _b

Aporte de minerales en insumos

J. Inst. Brew., January–February, 1977, Vol. 83, pp. 15–16

DETERMINATION OF METALS IN BREWING MATERIALS BY FLAMELESS ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY

BY T. R. M. HELIN* AND J. C. SLAUGHTER

(Department of Brewing and Biological Sciences, Heriot-Watt University, Chambers Street, Edinburgh, EH1 1HX)

TABLE III. Metals through the brewing process.

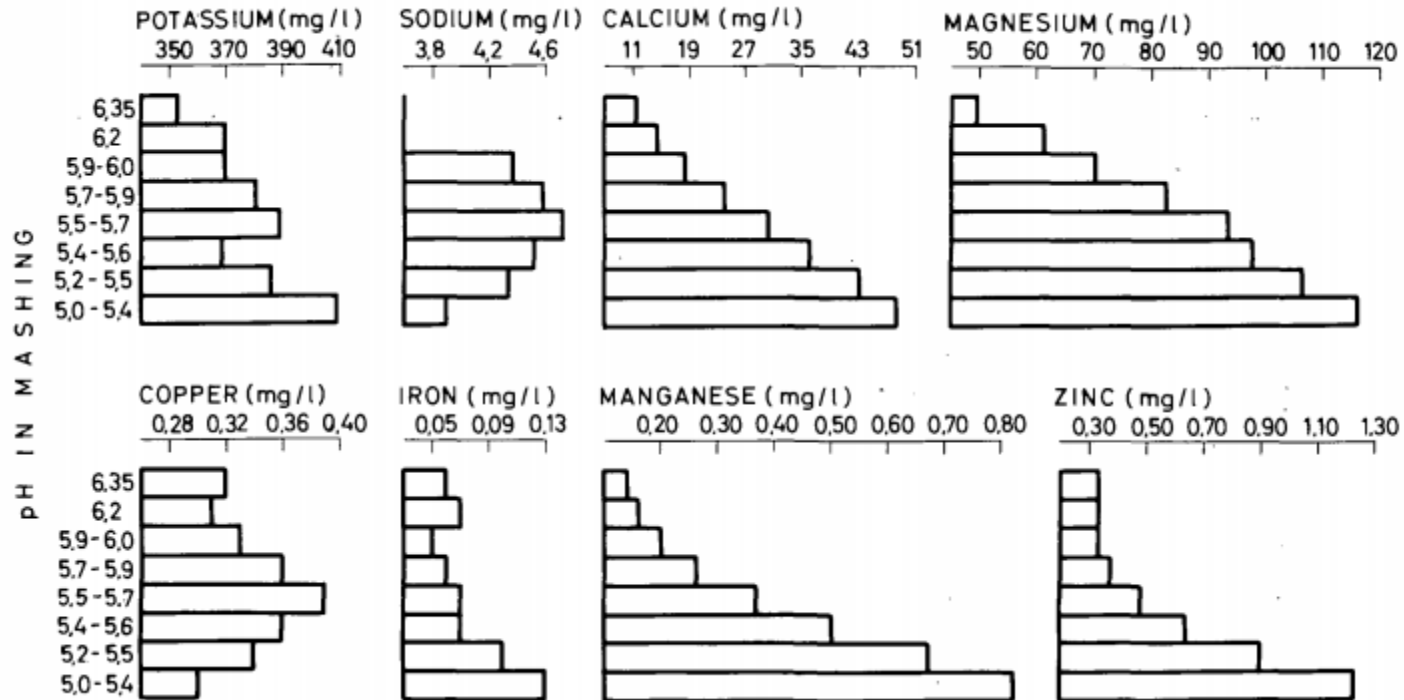
Metal*	Malt	Hops	Wort SG 1040 [†]	Beer OG 1040 [‡]
Mg	101.8	2205	69.6	60.0
Ca	544	10270	7.5	10.0
Al	24.6	192	0.42	0.26
Fe	51.8	361	0.10	0.08
Mn	13.3	82.1	0.15	0.12
Zn	16.4	47.6	0.118	0.036
Cu	4.6	16.9	0.054	0.015
Ni	0.49	2.9	0.02	0.015
Pb	0.20	1.2	0.02	0.02
Co	0.14	<0.05	0.01	<0.002

* Concentrations are given as mg/kg dry weight of malt and hops, and as mg/l wort and beer.

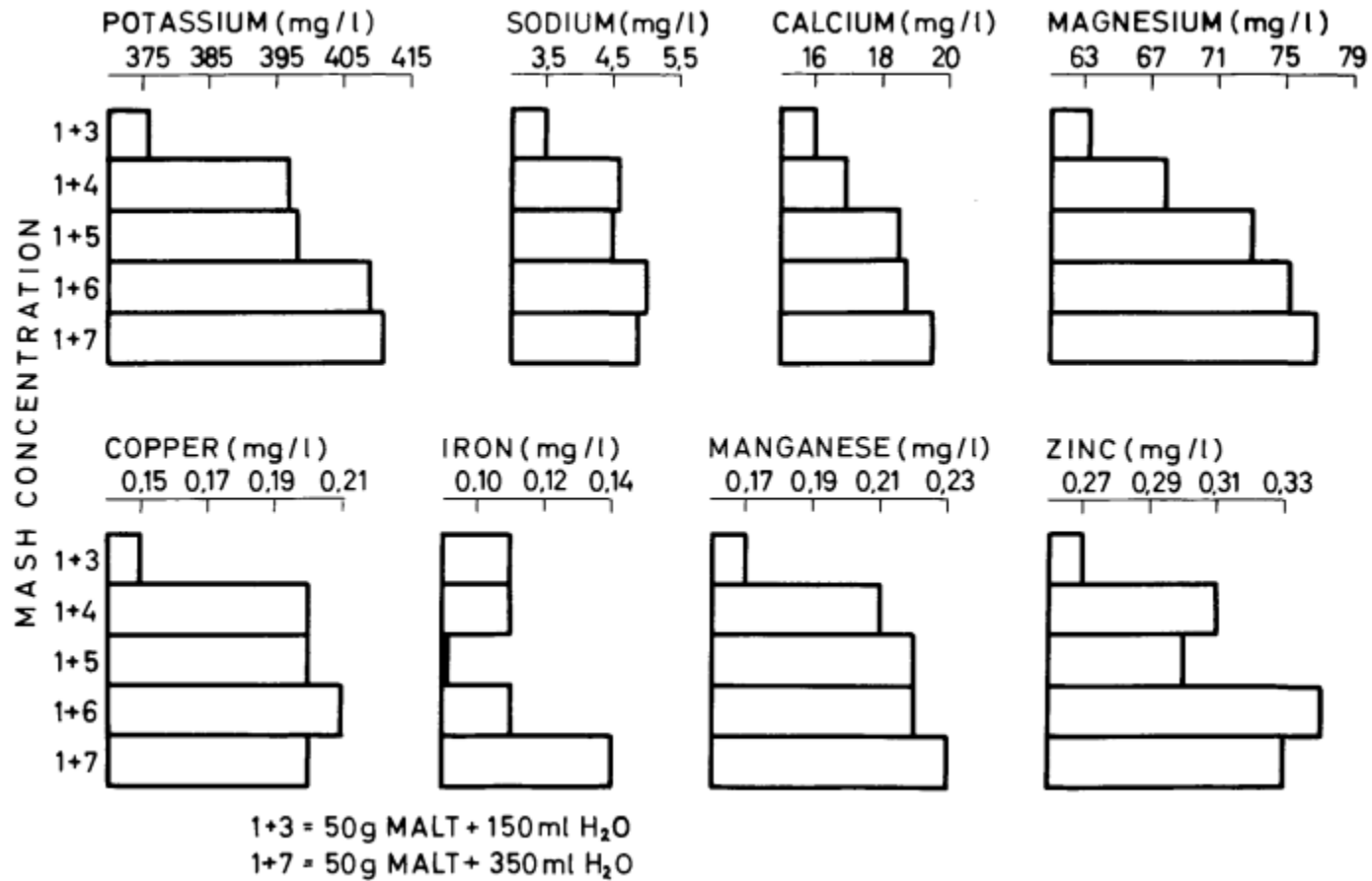
80 g of malt and 1 g hops were used to produce 500 ml of beer (OG 1040) using the technique described in the Methods section.

Conditions for metal analyses are given in Tables I and II

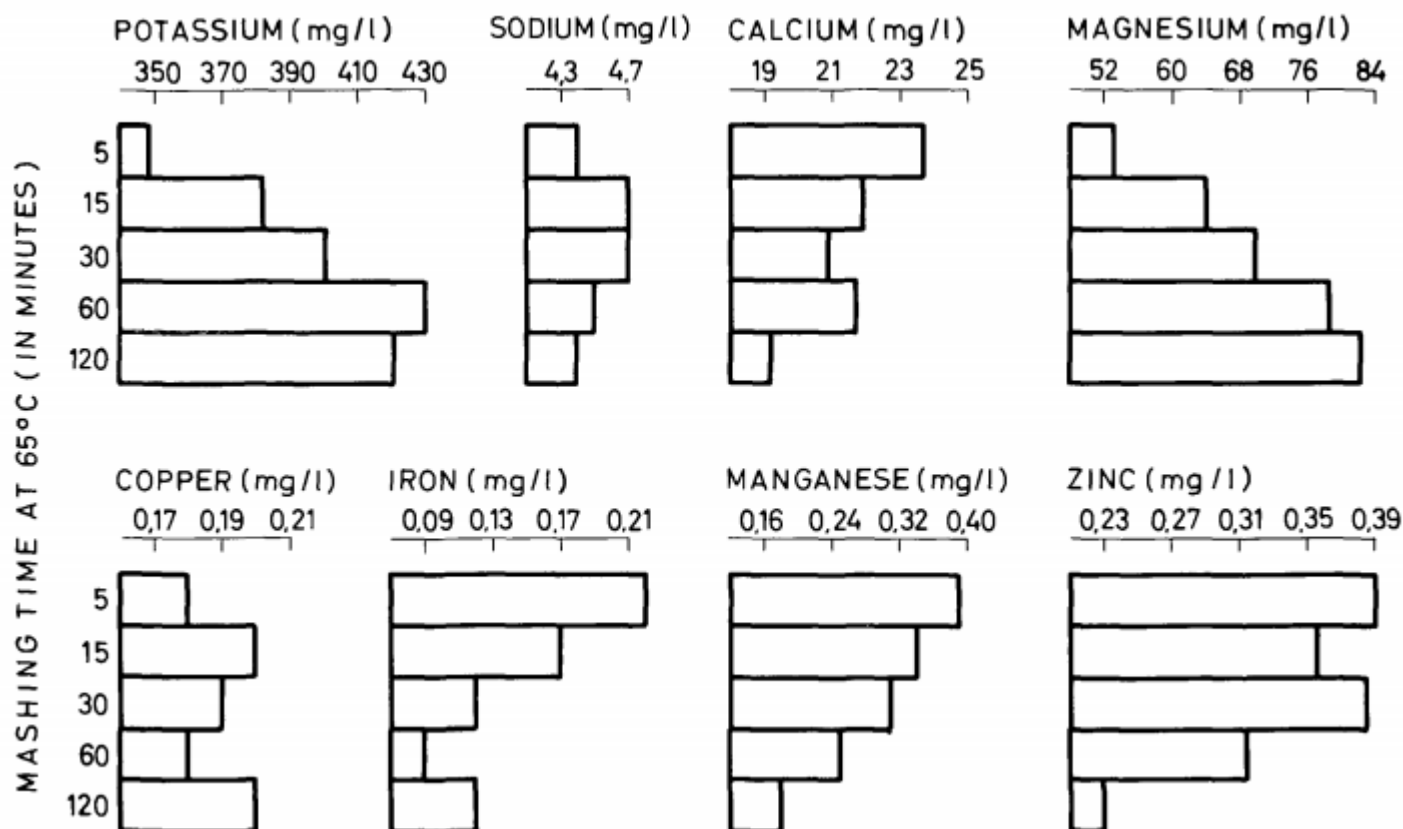
Aporte de minerales de las maltas



Aporte de minerales de las maltas



Aporte de minerales de las maltas





Nuestros datos

Canal de YouTube
Capacitaciones El Molino



Nuestra WEB
www.capacitacioneselmolino.com



Instagram

Instagram y Facebook
@capacitacioneselmolino



Consultá por nuestra MEMBRESÍA MENSUAL