

JORNADAS TÉCNICAS DEL PLÁTANO

21 DE NOVIEMBRE DE 2014



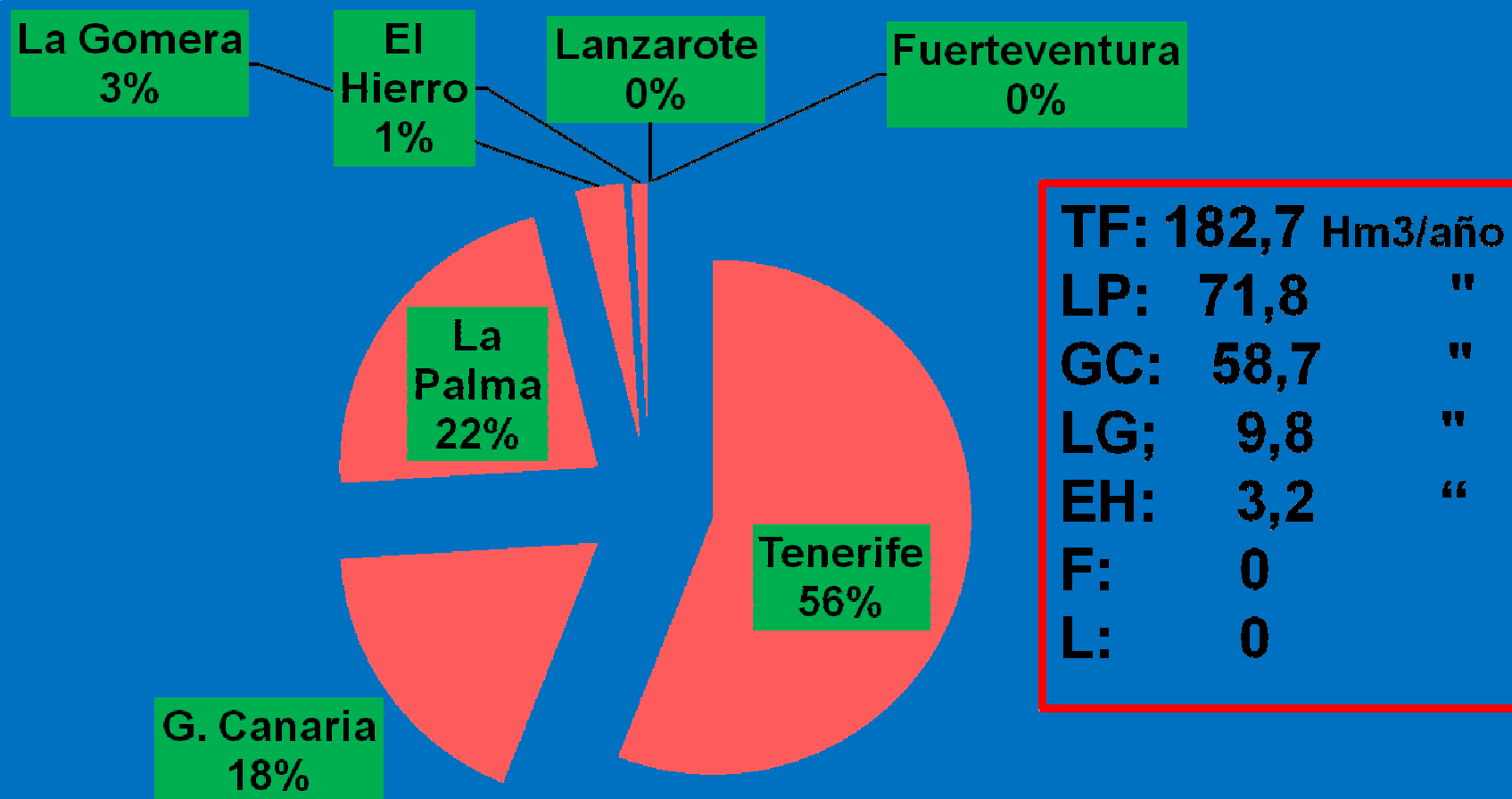


CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

Procedencia del agua en Canarias

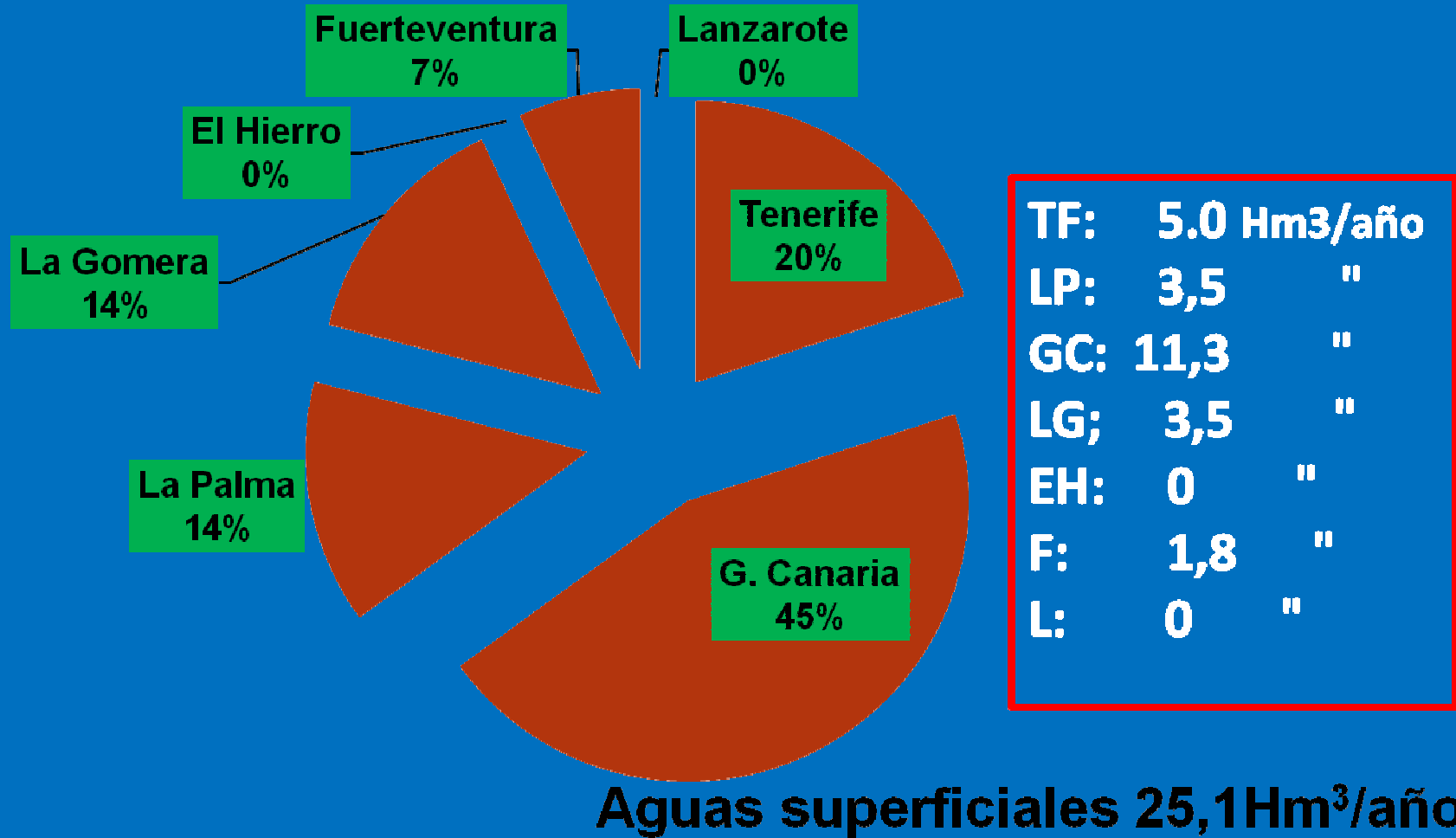
Procedencia del agua	Hm ³ /año
Subterránea	326,2 (66%)
Superficial	25,1 (5%)
Desalada	124,4 (25%)
Depurada	20,5 (4%)
Total	496,2

Aguas subterráneas

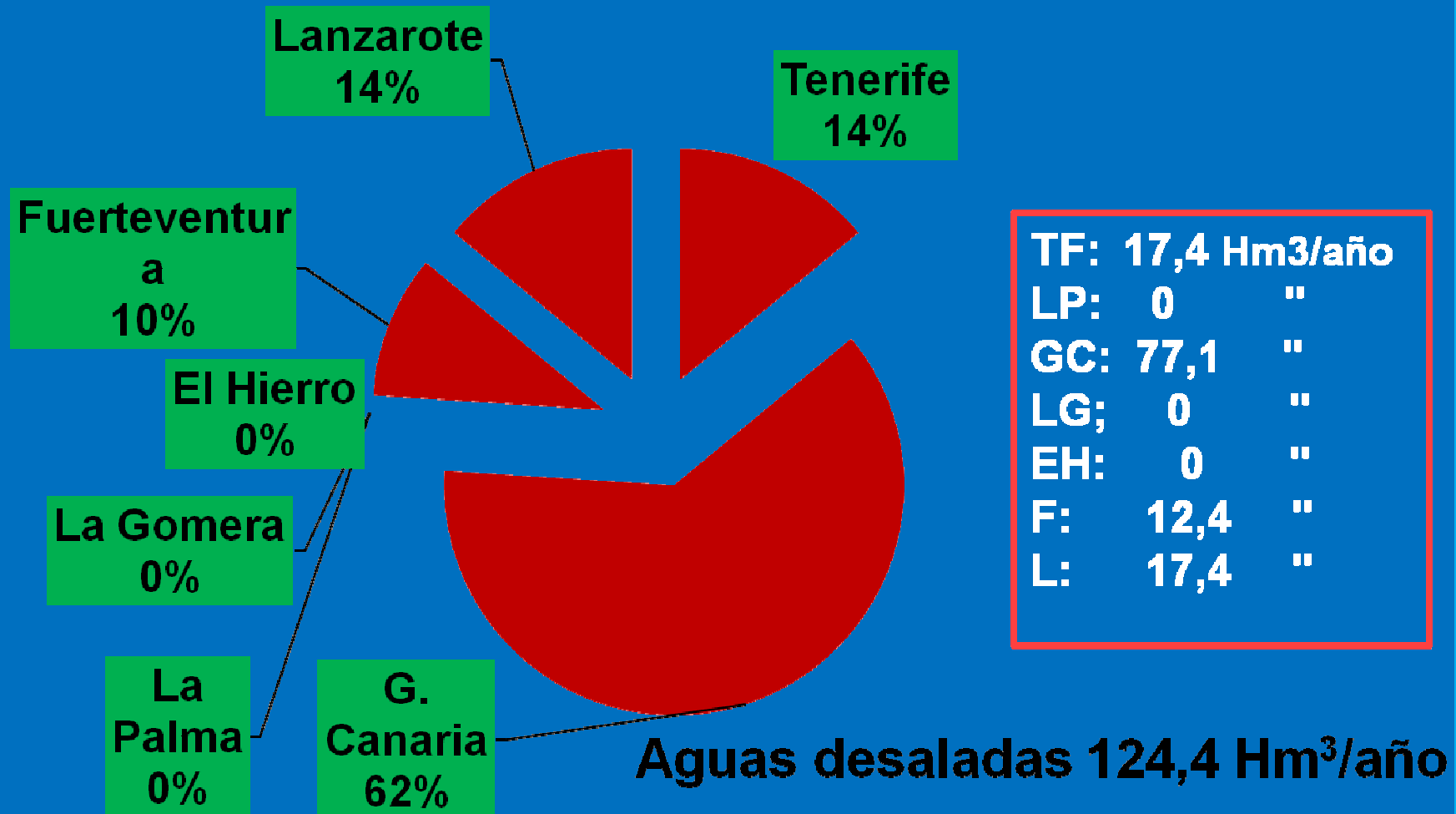


Aguas subterráneas 326,2 Hm³/año

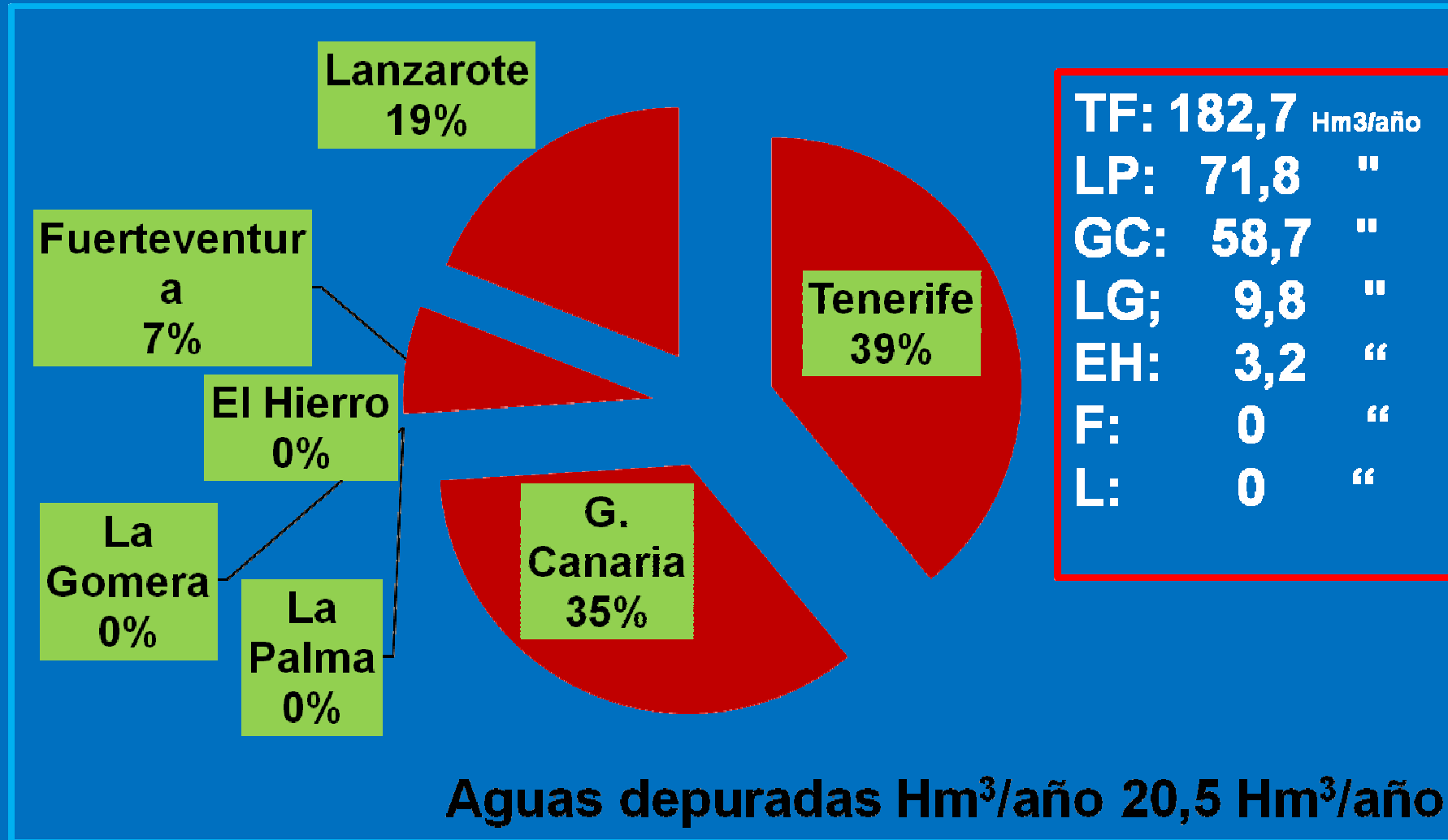
Aguas superficiales



Aguas desaladas



Aguas depuradas



CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DE TENERIFE
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS
SUBTERRANEAS DE LAS ISLAS CANARIAS
OCCIDENTALES
(TENERIFE, LA PALMA, GOMERA Y HIERRO)

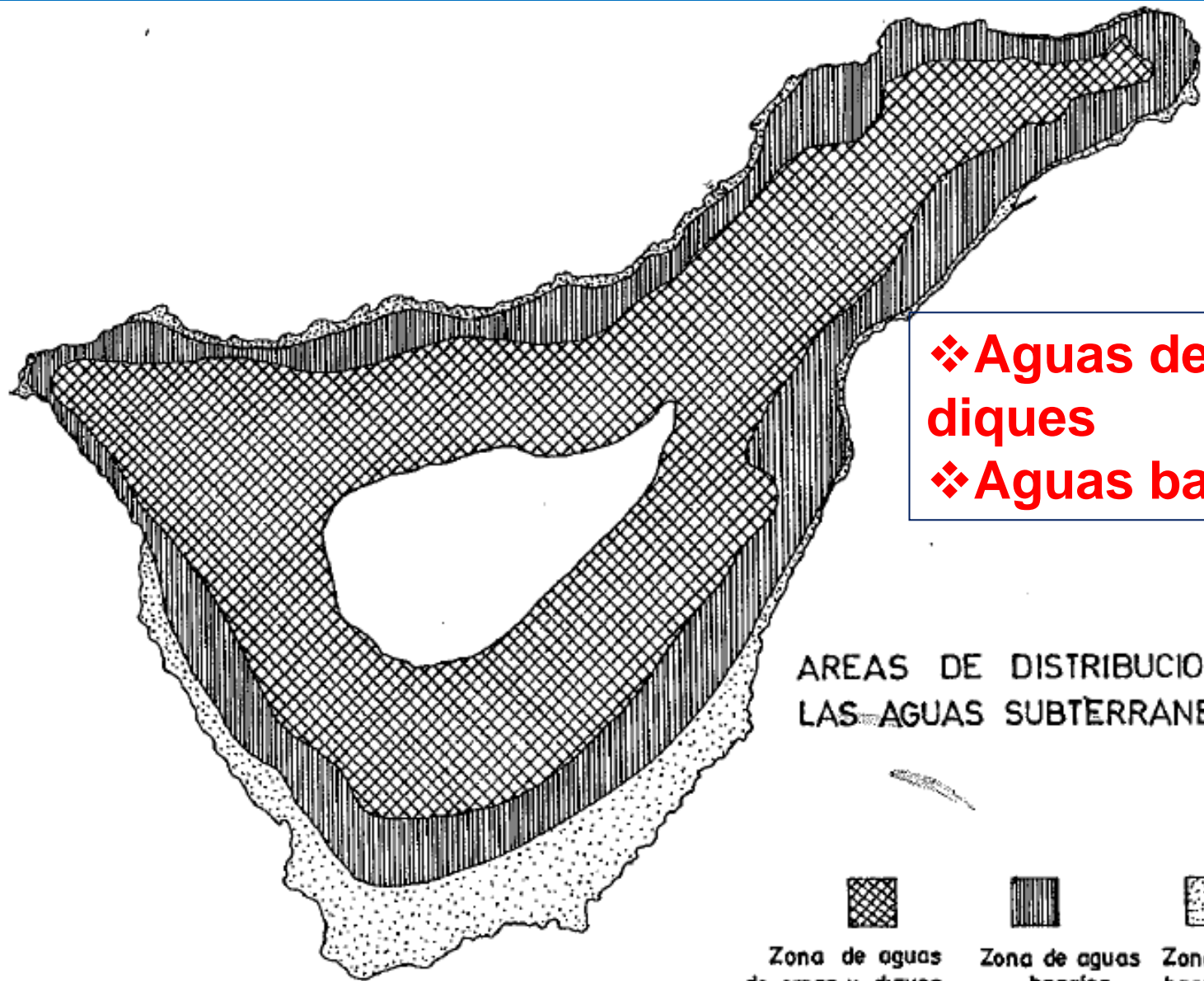
DR. ENRIQUE FERNANDEZ CALDAS

DR. VICTOR PEREZ GARCIA

SANTA CRUZ DE TENERIFE

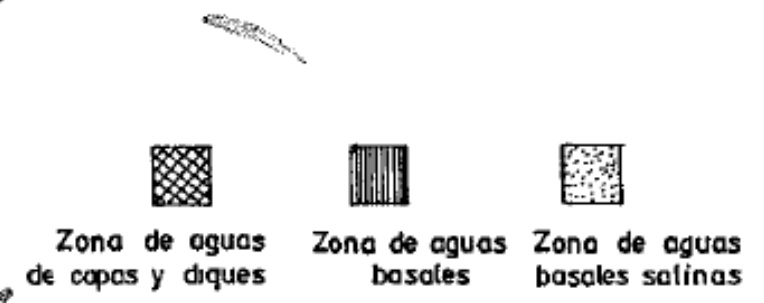
1974

**Estudio de las
aguas
subterráneas
de las Islas
Occidentales y
su repercusión
en los suelos
de cultivo.**



- ❖ Aguas de capas y diques
- ❖ Aguas basales.

AREAS DE DISTRIBUCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS



Calidad Agronómica del agua de Tenerife

- Aguas subterráneas:

a. Galerías: Por contaminación volcánica tienen un elevado pH al estabilizarse el CO₂ con el aire, predomina el anión bicarbonato y el catión sodio, con presencia de magnesio.

b. Pozos o basales: Cuando hay intrusión marina, presentan elevada C.E., predominando el anión cloro y el catión sodio, con presencia de magnesio.

Aguas de Galerías

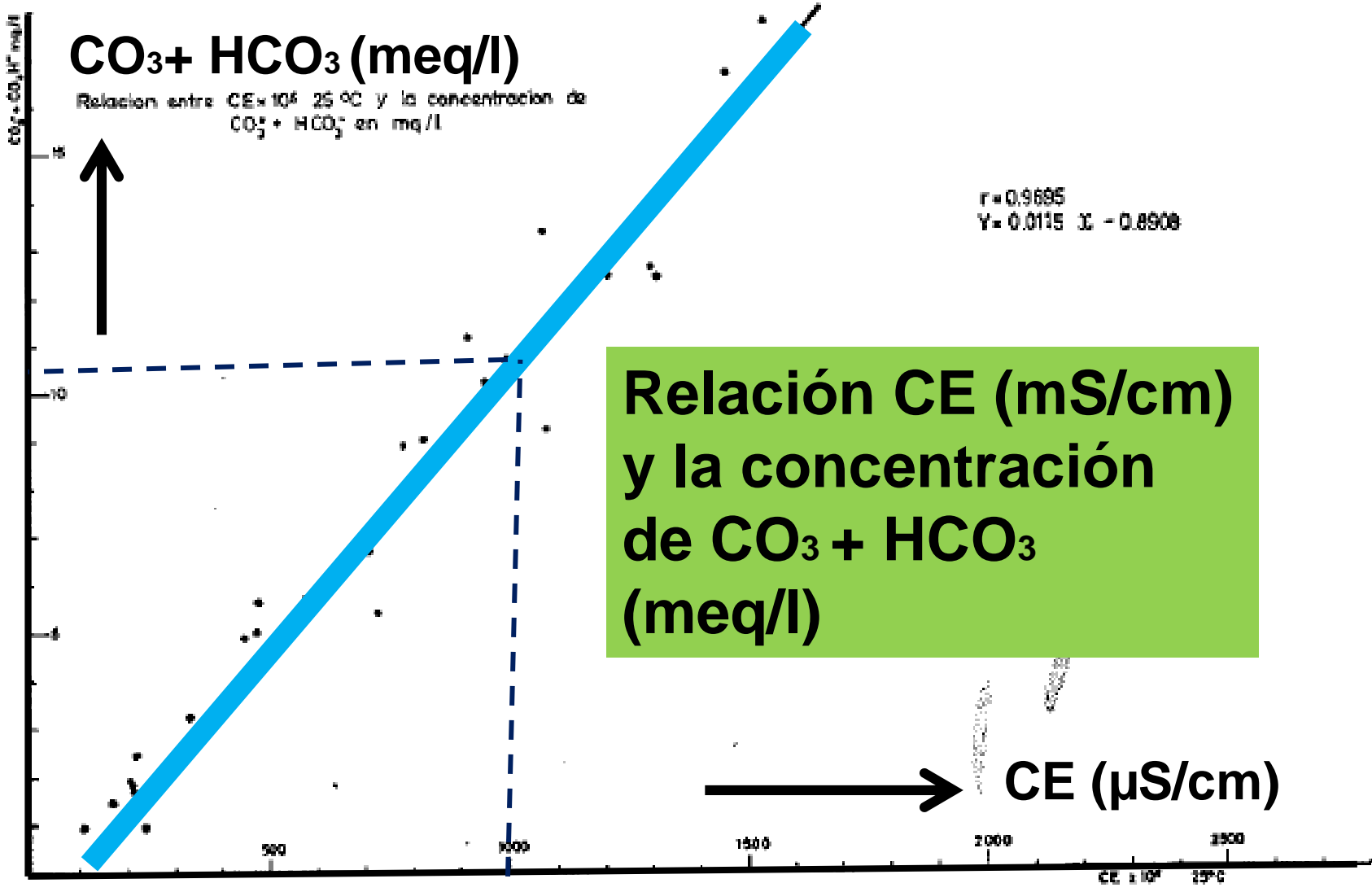
- Carácter predominantes de iones HCO_3^- y Na^+ .
- A medida que $\uparrow \text{CE} \rightarrow \uparrow [\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^- + \text{Na}^+]$
- El catión $\text{Na}^+ \gg \text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++}$.
- CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) media entre 200 a 2500.
- pH > 8.0.
- Na^+ valores que oscilan 1.5 a 15 meq/l (medio entre 6 a 8 meq/l).
- $\text{CO}_3^{=}$ (pH > 8.4) 1 a 10 meq/l
- HCO_3^- 1.5 a 20 meq/l.
- Aguas conocidas por “BICARBONATADAS SÓDICAS ALCALINAS”

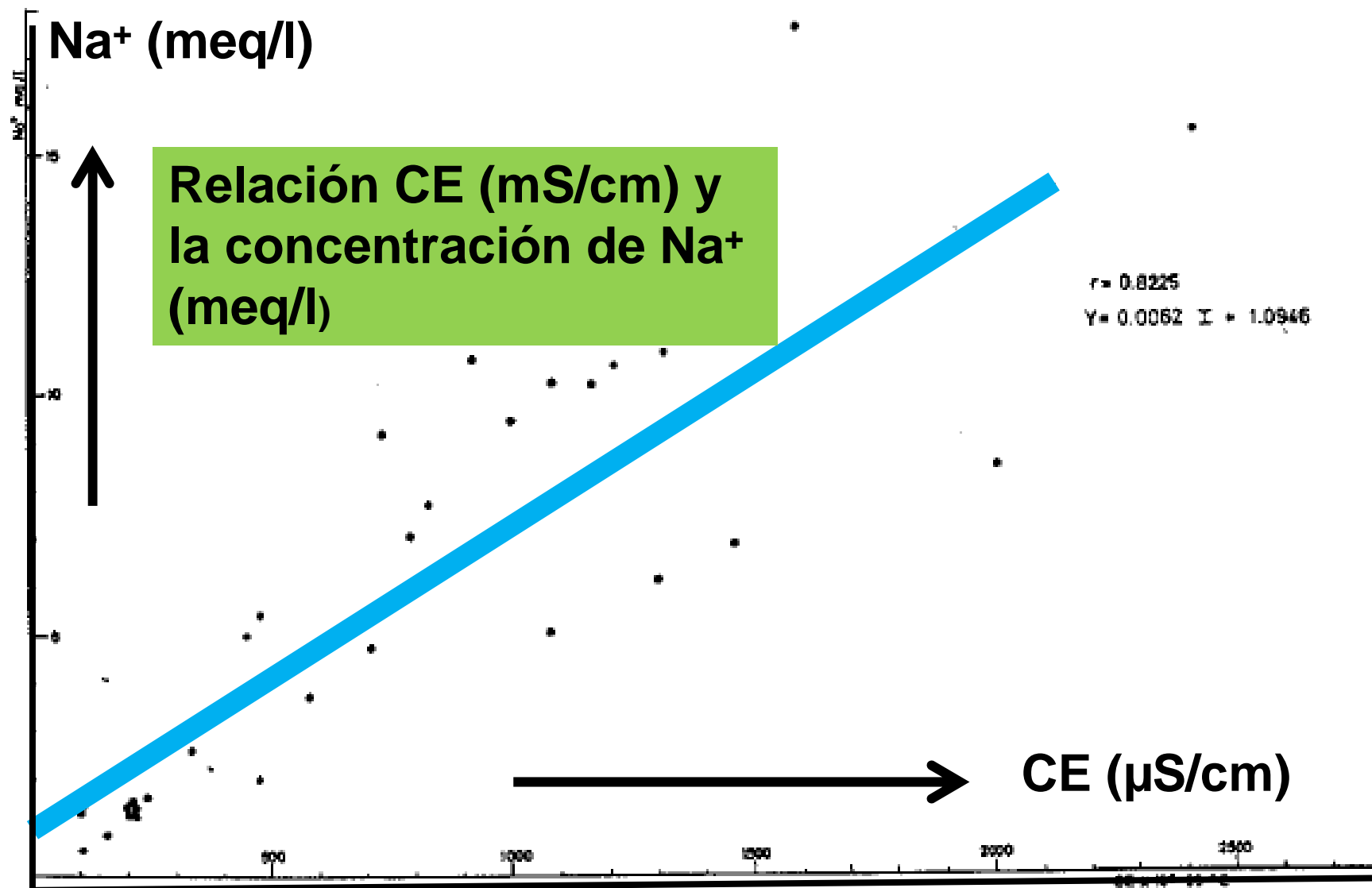


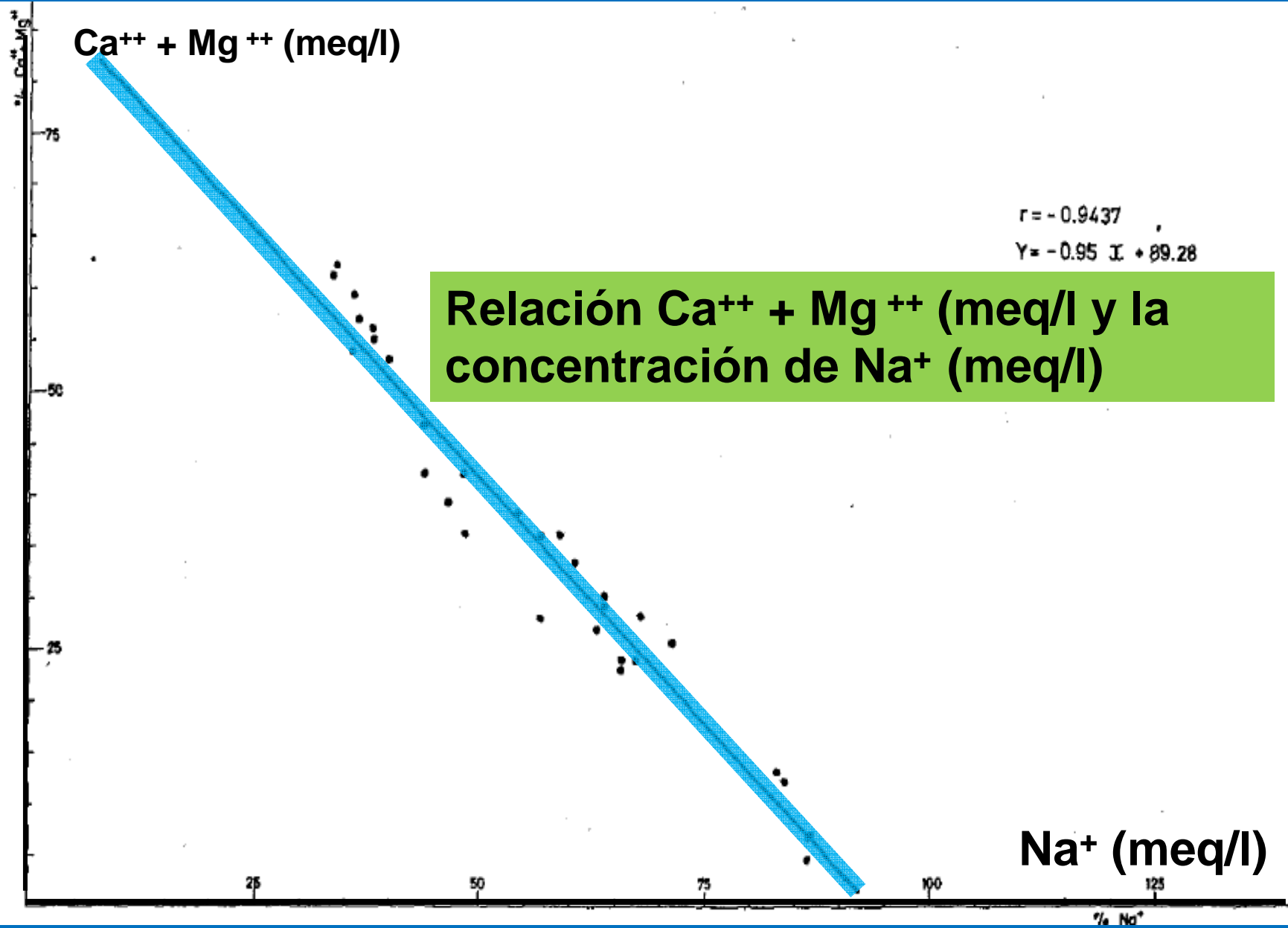
Aguas de Galería muestreadas en bocamina

	pH	Ca me l ⁻¹	Alk me l ⁻¹	pCO ₂ atmx10 ⁻³	pIAP
1-Salto del Lino	7.96	0.15	12.35	7.54	8.24
2-Pino Soler	7.93	0.25	5.99	3.98	8.78
3-Fuente Benitez	8.15	0.20	4.22	1.77	8.77
4-Pino de la Cruz	8.01	0.20	1.73	0.99	9.26
5-La Fortuita	7.79	0.35	2.18	2.08	9.14
6-Chasna	7.78	0.15	0.95	0.97	9.81

CE × 10 ⁶ 25°C	Sólidos disueltos p.p.m.	pH	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	CO ₃ ⁼ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁼ mg/l	Cl ⁻ mg/l
217	135	7.9	0.30	0.42	1.44	0.36	0.00	1.29	0.14	0.86
348	189	8.1	0.28	1.62	2.09	0.33	0.54	2.56	0.00	0.45
728	465	8.2	0.61	1.48	6.64	0.56	0.00	7.66	0.00	0.64
737	766	8.8	0.47	1.05	8.10	0.85	1.18	5.54	2.38	0.92
958	820	8.1	1.25	3.11	6.86	0.65	0.00	10.18	0.00	0.98
1082	950	8.3	1.45	2.77	10.20	0.96	0.00	13.36	0.50	0.67
1592	1694	7.4	1.15	1.49	17.64	0.60	0.00	19.69	0.29	0.24
2412	2374	8.8	0.19	20.36	15.40	2.60	10.37	22.49	1.14	0.59

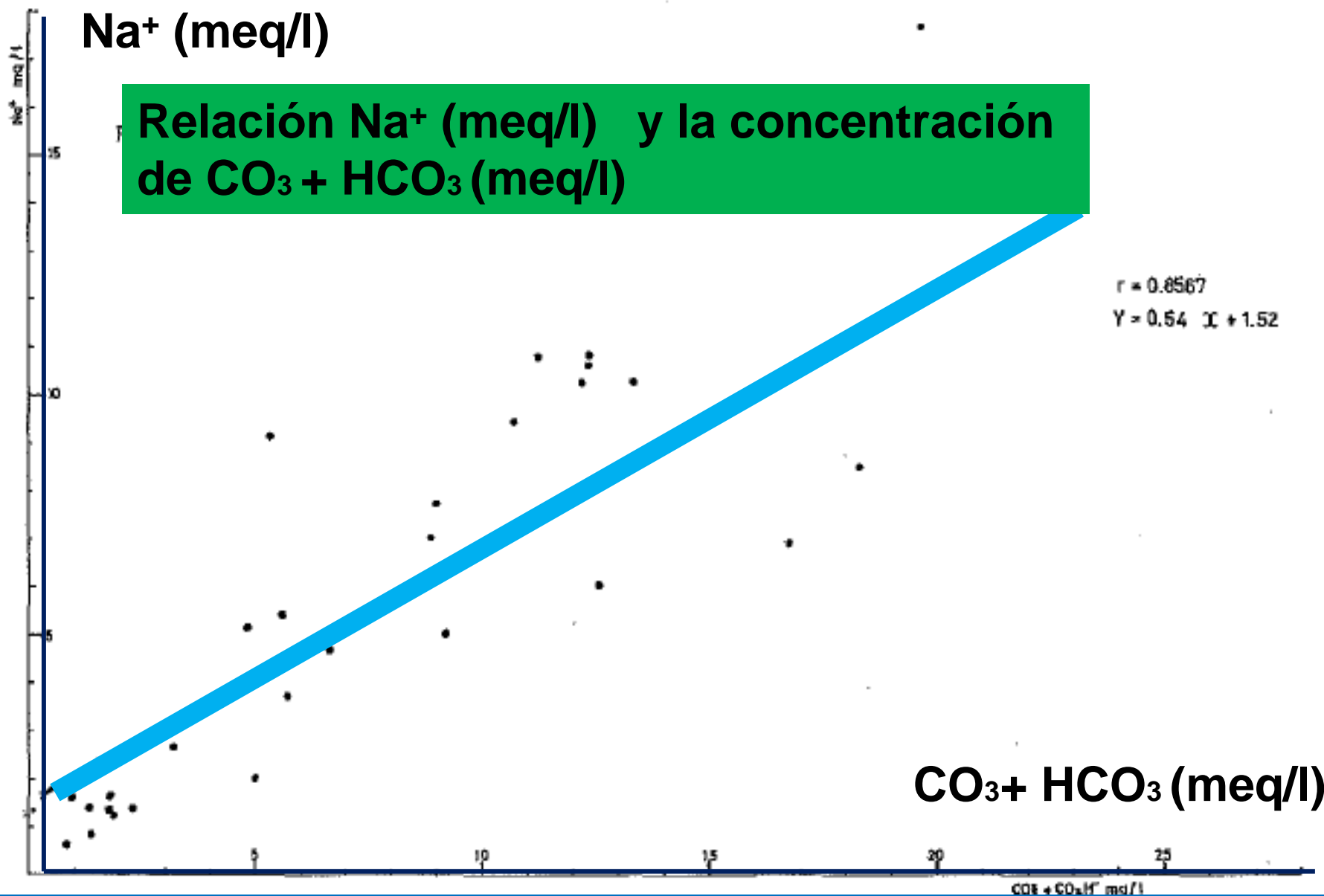






Na⁺ (meq/l)

Relación Na⁺ (meq/l) y la concentración de CO₃ + HCO₃ (meq/l)



Aguas de pozos o basales

- Carácter predominantes de iones Cl^- , HCO_3^- y Na^+ .
- El catión $\text{Na}^+ \gg \text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++}$.
- CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) media entre 300 a 3000, dependiendo del grado de contaminación.
- pH entre 6,5 a 7,7
- Na^+ valores que oscilan 1.5 a 15 meq/l (grado de contaminación)
- Cl^- 1 a 20 meq/l (grado de contaminación)
- HCO_3^- 1.4 a 24 meq/l (grado de contaminación)

Aguas basales

N.º	CE $\times 10^6$ 25°C	pH	Ca ⁺⁺ mg/l.	Mg ⁺⁺ mg/l.	Na ⁺ mg/l.	K ⁺ mg/l.	CO ₃ ⁼ mg/l.	HCO ₃ ⁻ mg/l.	SO ₄ ⁼ mg/l.	Cl ⁻ mg/l.
1	365	7.3	0.68	0.94	1.80	0.09	0.00	1.86	0.24	1.80
2	395	7.5	0.88	1.28	1.58	0.06	0.24	1.40	0.60	1.84
3	900	7.7	0.26	2.24	7.40	0.30	0.80	5.62	1.28	2.62
4	1.100	8.2	2.42	5.02	5.40	0.28	1.08	7.12	0.00	4.24
5	435	7.3	0.86	1.24	2.04	0.10	0.00	2.08	0.70	2.22
6	1.000	6.8	1.42	2.54	6.90	0.60	0.00	9.02	0.12	1.98

ANALISIS DE AGUAS

<i>Determinación</i>	<i>(unidades)</i>	<i>resultado</i>
pH		7.7
CONDUCTIVIDAD	(mS/cm 25°C)	0.53
CARBONATO	.. (meq/100gr) ..	0.00
BICARBONATO	.. (meq/100gr) ..	1.70
CLORURO	.. (meq/100gr) ..	2.40
SODIO	.. (meq/100gr) ..	3.30
POTASIO	.. (meq/100gr) ..	0.20
CALCIO	.. (meq/100gr) ..	0.40
MAGNESIO	.. (meq/100gr) ..	0.90
pH DE EQUILIBRIO		8
S.A.R. AJUSTADO		5.73
Nitratos	.. (p.p.m.) ..	42.6

**Análisis
pozo
Finca La
Quinta,
2014**

Aguas de pozos o basales contaminadas

N.º	CE $\times 10^6$ 25°C	pH	Ca ⁺⁺ mg/l.	Mg ⁺⁺ mg/L	Na ⁺ mg/l.	K ⁺ mg/l.	CO ₃ ⁼ mg/l.	HCO ₃ ⁻ mg/l.	SO ₄ ⁼ mg/l.	Cl ⁻ mg/l.
1	1.550	8.0	0.66	2.68	11.80	0.45	1.04	3.84	0.12	9.76
2	1.750	7.9	1.64	5.24	10.90	0.46	0.52	4.08	0.38	12.60
3	2.600	8.2	4.42	8.74	12.75	0.52	0.40	2.86	3.56	18.56
4	3.100	8.4	1.22	6.32	22.20	0.66	0.88	4.30	0.00	24.10

Aguas Depuradas

- origen urbano condiciona la calidad resultante de esta agua, además de las características del agua de entrada en las ciudades, tenemos los sulfatos, fosfatos y nitratos que son añadidos por el uso en la población. El uso agrícola de esta aguas debe llevar implícito una sustracción de estos elementos en los planes de abonado correspondientes.
- Son aguas que contienen millones de microorganismos aerobios y anaerobios, elementos orgánicos e inorgánico, sustancias minerales (añadirán valor fertilizantes) y sustancias tóxicas limitantes (Cd, Hg o Zn).

Aguas Depuradas

- Manejo de aguas depuradas:
 1. Normas sanitarias para uso agrícola, características físicas, características biológicas-demanda de oxígeno.
 2. Manejo de aguas depuradas calidad final (mezcla), fertilización, riego, etc...

Riego con agua depurada (BOE 294 de RD1620/2007)

Uso del agua	Nematodos intestinales	Escherichia coli	Sólido en suspensión	Turbidez
Calidad 2.12	1 huevo/10 l	100 UFC/100 ml con	20 mg/l	10 UNT
Calidad 2.2	1 huevo/10 l	1000 UFC/100 con restricciones	35 mg/l	No se fija límite
Calidad 2.3	1 huevo/10 l	10000 UFC/100 ml	35 mg/l	No se fija límite

Calidad 2.12: Cultivo con sistema de aplicación de agua que permite el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.

Calidad 2.2: Como 2.1 pero para productos que no se consumen en fresco sino con tratamiento industrial posterior.

Calidad 2.3: Cultivos leñosos, con riego que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana . Flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones

Riego con agua depurada (Producción Integrada Canarias, 2004)

Uso del agua	Nematodos intestinales	Coliformes fecales	Sólidos en suspensión	Otros
Plátanos, tomate, viña	1 huevo/10 l	10 UFC/ 100 ml	35 mg/l	DBO ₅ = 15 mg/l DQO = 120 mg/l
Papa	No autorizado			

Riego con agua depurada (Normas UNE 155000)

Uso del agua	Nematodos intestinales	Escherichia coli	Sólidos en suspensión	Otros
Gral. en riego localizado	No se fija limite	1000 UFC/100 ml	35 mg/l	DBO ₅ = 15 mg/l DQO = 120 mg/l
En microaspersión o nebulización se debe garantizar la ausencia de Escherichia coli				

Características químicas del agua depurada

Parámetro	Agua blanca	Agua depurada
CE ($\mu\text{S/cm}$)	1100 - 1200	1400 - 1700
pH	7.8 - 8.6	7.4 - 8.0
$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^{-}$ (meq/l)	8 - 15	7 - 11
Na^{+} (meq/l)	6 - 8	8 - 11
Ca^{++} (meq/l)	1.2 - 1.6	0.8 - 1.4
Mg^{++} (meq/l)	3.7 - 6.1	1.4 - 2.4
K^{+} (meq/l)	0.5 - 0.8	0.7 - 1.2
SAR_{aj} ($\text{SAR} \cong 0.5 \cdot \text{SAR}_{\text{aj}}$)	9 - 13	15 - 20
Cl^{-} (meq/l)	1.3 - 2.3	3.0 - 5.5
Nt (Nitrógeno total) (meq/l)		3 - 4
PO_4^{3-} (fosfatos)		1,2- 1,6

Manejo del agua depurada

- Calidad de la mezcla (máximo 70% Nt):

$CE_{mezcla} = [(CE/Q_1) + (CE/Q_2)]/Q_T$ (obtenemos ↓ Cloruros, Sodio, Bicarbonatos, etc.).

(p.e.: plátano.- Cl > 2 meq/l inicio de problemas; Cl > 4 problemas importantes y Cl > 6 agua inadecuada para su uso)

- Poder fertilizante, p.e., para el plátano aportamos la mitad del NITRÓGENO, la totalidad del FÓSFORO y la cuarta parte del POTASIO.
- Dosis y frecuencia de riego, p.e., plátano por semana: 2 riego/a. depurada +2 rieg/a blanca + 2 rieg/depurada

Aguas Desaladas

El nivel de desalación y el método determinan el contenido en sales final, existiendo una relación calidad del agua - coste de desalación.

Parámetro	Agua galería	Agua desalada
CE ($\mu\text{S/cm}$)	1391	630
pH	8.4	6.9
$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^{-}$ (meq/l)	9,84	0.2
Na⁺ (meq/l)	9,87	4.9
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0,92	0.0
Mg ⁺⁺ (meq/l)	2,34	0.1
K ⁺ (meq/l)	0.89	0.2
Cl⁻ (meq/l)	0.81	5.0
SAR	7,73	1.1

Criteria for evaluating the quality of water for irrigation (Westcot and Ayers, 1987)



Síntomas, de salinidad en márgenes de hojas



Variables que definen la calidad del agua para riego

Variables directas (analíticas):

1 – **Salinidad:** Conductividad Eléctrica (CE, dS/m).

2 – **Sodicidad:** Relación de Adsorción de Sodio (RAS).

3 – **Alcalinidad:** pH.

4 – **Toxicidad iónica específica:** Na, Cl, B.

Infiltración
del agua

Variables que definen la calidad del agua para riego

Variables indirectas:

5 – **Tolerancia de los cultivos a la salinidad:**

CE_u , CE_{50} .

6 - **Tolerancia de los suelos a la salinidad (CE)**

- **sodicidad (RAS) – Alcalinidad (pH).**

7 – **Manejo del riego:** Sistema de riego,
Fracción de Lavado.

8 – **Clima:** Déficit Hídrico (Precipitación, Etc).

1.- **Salinidad:** Conductividad Eléctrica (CE_a , $\mu S/cm$, dS/m)

Problema potencial	Grado de restricción		
Salinidad (afecta la disponibilidad de agua para el cultivo)	Ninguno	Ninguno a Moderado	Severo
Ce_a (CE ($\mu S/cm$))	<700	700-3000	>3000
SDT (mg/l)	<450	450-2000	>2000

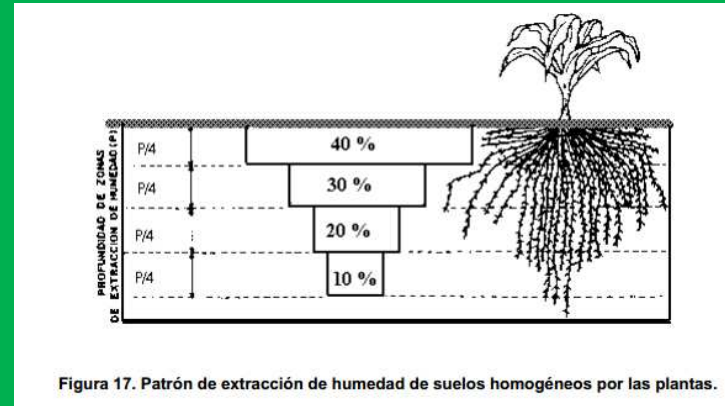
Respuesta de los cultivos a la salinidad del agua de riego

- Variables a considerar:

- **CE agua riego**

$$CE_e = 1,5 * CE_a$$

$$CE_{as} = 3 * CE_a$$



- **Fracción de Lavado (FL):**

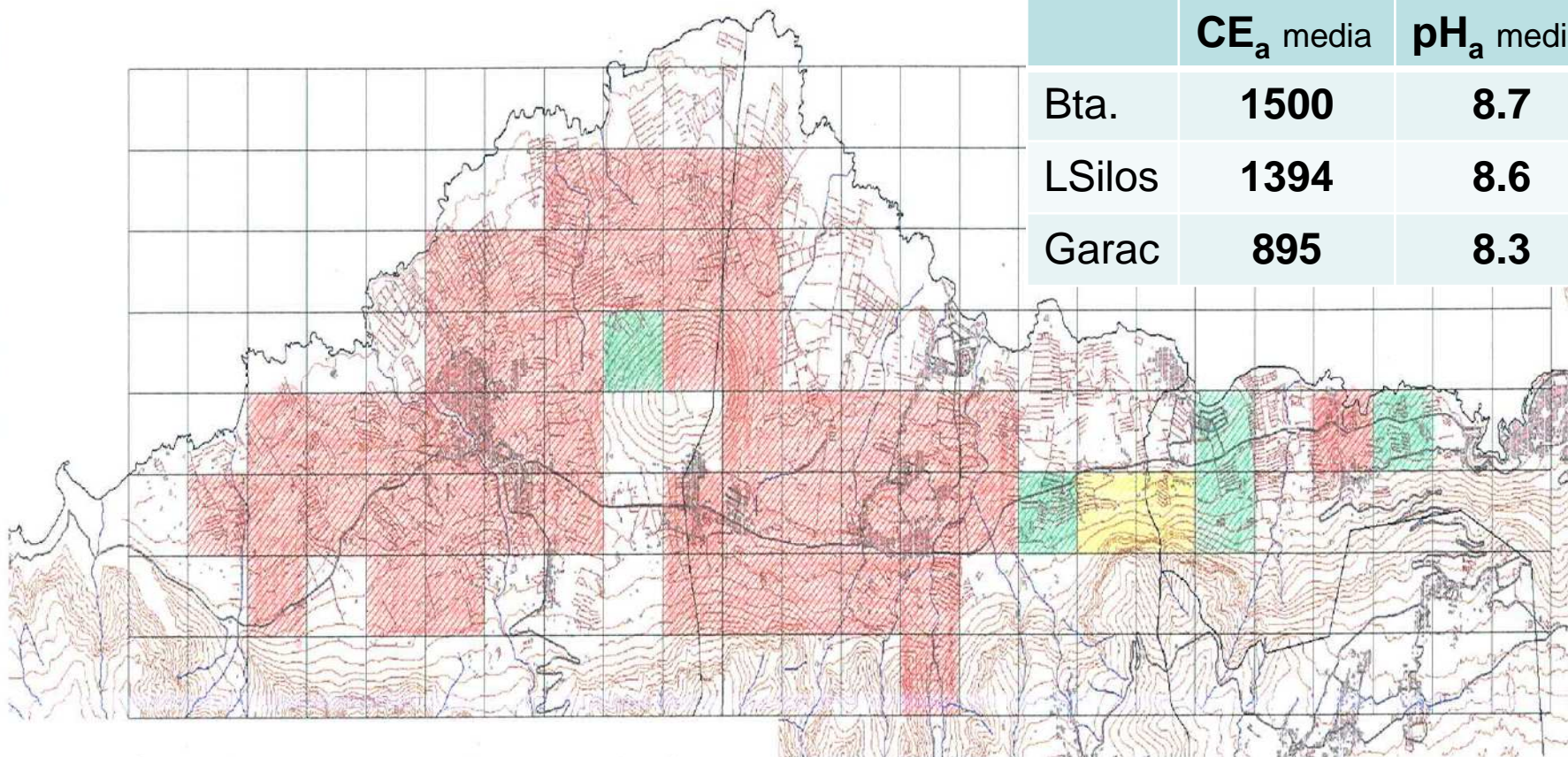
$$LR = CE_a / (5 * CE_e - CE_a) : \text{FAO/R. Aspersión.}$$

$$LR = CE_a / (2 * CE_{\text{max-e}}) : \text{FAO/R. Localizado alta frecuencia.}$$

- **Tolerancia del cultivo a la salinidad**

Ejemplo: Evaluación de la Conductividad Eléctrica (CE_a , $\mu S/cm$), cultivo plátano.

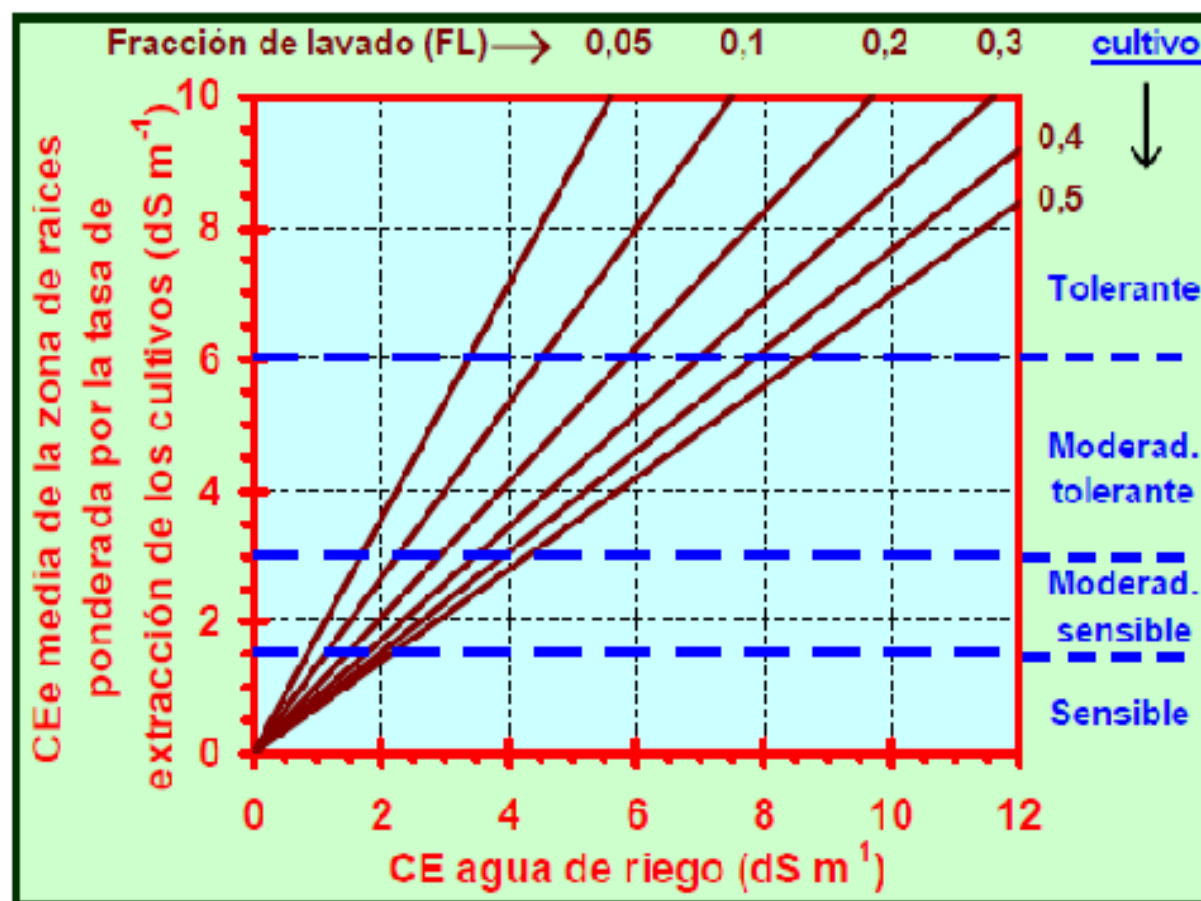
Año	2	3	4	5	6	7	8	9
86/87(CE_a)	2130	1999	1990	1481	1570	2980	1415	2500
G. restricción	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
FL (%)	27	25	25	19	20	37	18	31
NT (25 l/plá.)	34	33	33	31	31	40	30	36
2001(CE_a)	1350	1279	1412	1583	1467	1696	1390	949
G. restricción	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
FL (%)	17	16	18	20	18	21	17	12
NT (25 l/plá.)	30	30	30	31	30	32	30	28
2010 (CE_a)	700	810	1090	1150	770	910	1119	1140
G. restricción	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
FL (%)	9	10	14	14	10	11	14	14
NT (25 l/plá.)	27	28	29	29	28	28	29	29



Actualización del Balance Hídrico en la Isla Baja, 2001.

- Cuadriculas rojas: $CE_w > 1.2$ dS/m.
- Cuadriculas amarillas: $1.2 > CE_w > 1$ dS/m.
- Cuadriculas verdes: $CE_w \leq 1$ dS/m.

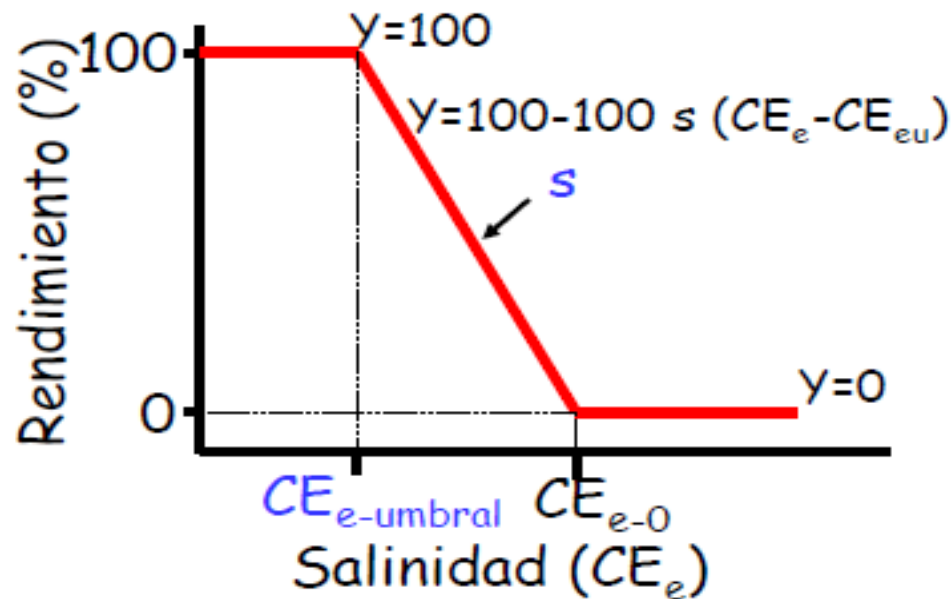
Respuesta de los cultivos a la salinidad del agua de riego: nomograma



1. **CE** agua riego y **FL** \Rightarrow estima de la **CEe** m.p. zona raíces
2. **CEe** umbral cultivo $>$ **CEe** m.p. \Rightarrow agua apta para riego
3. **CEe** umbral cultivo $<$ **CEe** m.p. \Rightarrow agua no apta para riego

Salinidad afecta al rendimiento de los cultivos

Modelo de respuesta
(Maas y Hoffman)



Cultivo	CE_{e_u}	s (%)	Clase
Albaricoquero	1,6	24,0	S
Alfalfa	2,0	7,3	MS
Algodón	7,7	5,2	T
Almendro	1,5	19,0	S
Arroz	3,0	12,0	MS
Cebada grano	8,0	5,0	T
Lechuga	1,3	13,0	MS
Maiz grano	1,7	12,0	MS
Melocotonero	1,7	21,0	S
Patata	1,7	12,0	MS
Soja	5,0	20,0	MT
Sorgo	6,8	16,0	MT
Tomate	2,5	9,9	MS
Trigo	6,0	7,1	MT
Vid	1,5	9,6	MS

CE_{e_u} y s : dependen de los cultivos (de su tolerancia a salinidad)

Necesario obtener datos locales sobre la resistencia de los cultivos a la salinidad

T (Tolerante); MT (Moderadamente Tolerante); MS (Moderadamente Sensible); S (Sensible)

TOLERANCIA A LA CE DE ALGUNOS CULTIVOS
FRUTALES (FAO, 1987 Y MÉNDEZ, com. Per.)

Cultivo	CE en el extracto saturado para un rendimiento				
	100%	90%	75%	50%	0%
Aguacate (Depende	1,0				2,5
Plátano	1,2				4,0
Mango	2,0				8,0
Papaya	2,0				8,0
Naranja	1,7	2,3	3,3	4,8	8,0
Viña	1,5	2,5	4,1	6,7	12,0

2 y 3.- Sodicidad y Alcalinidad: Infiltración (CE_a y SAR)

			Ninguno	Ninguno a moderado	Severo
Infiltración (Reduce infiltración)					
Para un SAR	0-3	CE_a (dS/cm)	>0.7	0.7-0.2	<0.2
	3-6		>1.2	1.2-0.3	<0.3
	6-12		>1.9	1.9-0.5	<0.5
	12-20		>2.9	2.9-1.3	<1.3
	20-40		>5.0	5.0-2.9	<2.9

Respuesta de los suelos a la calidad del agua de riego

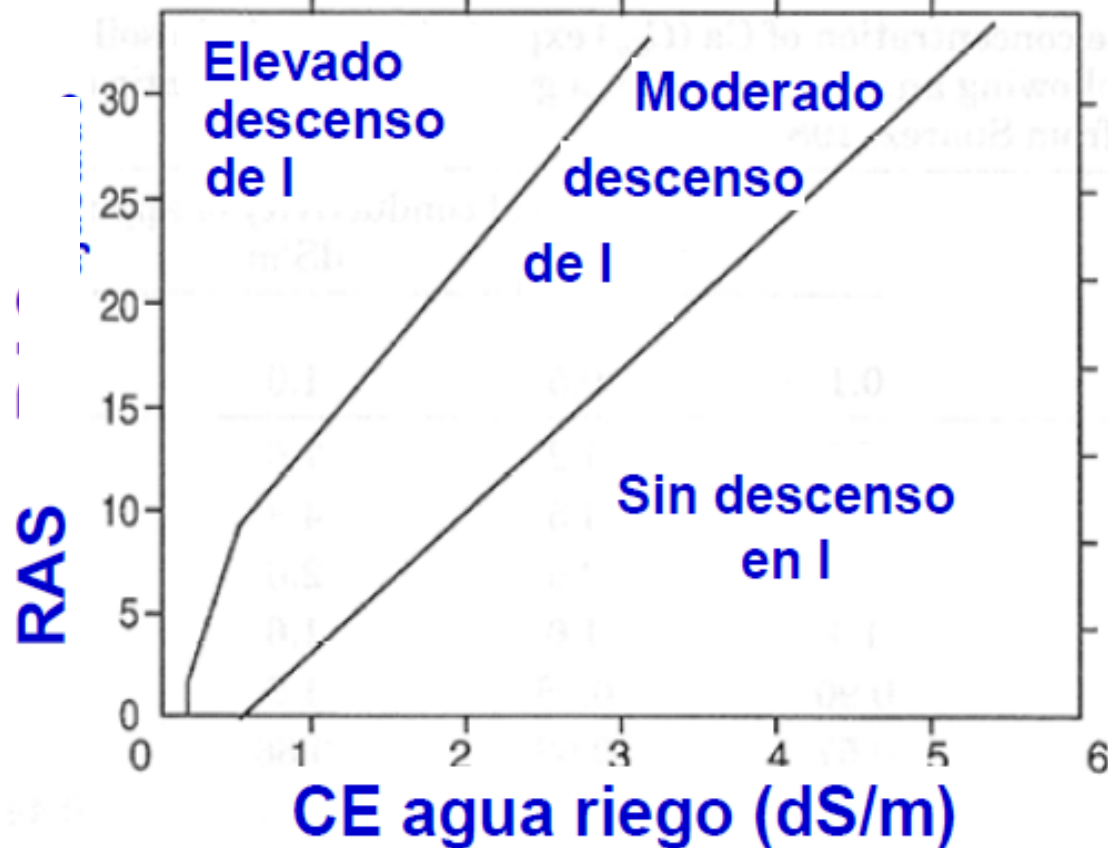
Variables a considerar:

- CE agua de riego.
- Sodicidad agua de riego (RAS o RAS ajustado).
- pH agua de riego.
- Tolerancia del suelo a CE-RAS-pH.

- Respuesta específica para cada tipo de suelo.
- Debe tenerse en cuenta el efecto desestabilizante del agua de lluvia.
- Los ensayos de campo son necesarios (y difícil de realizar).

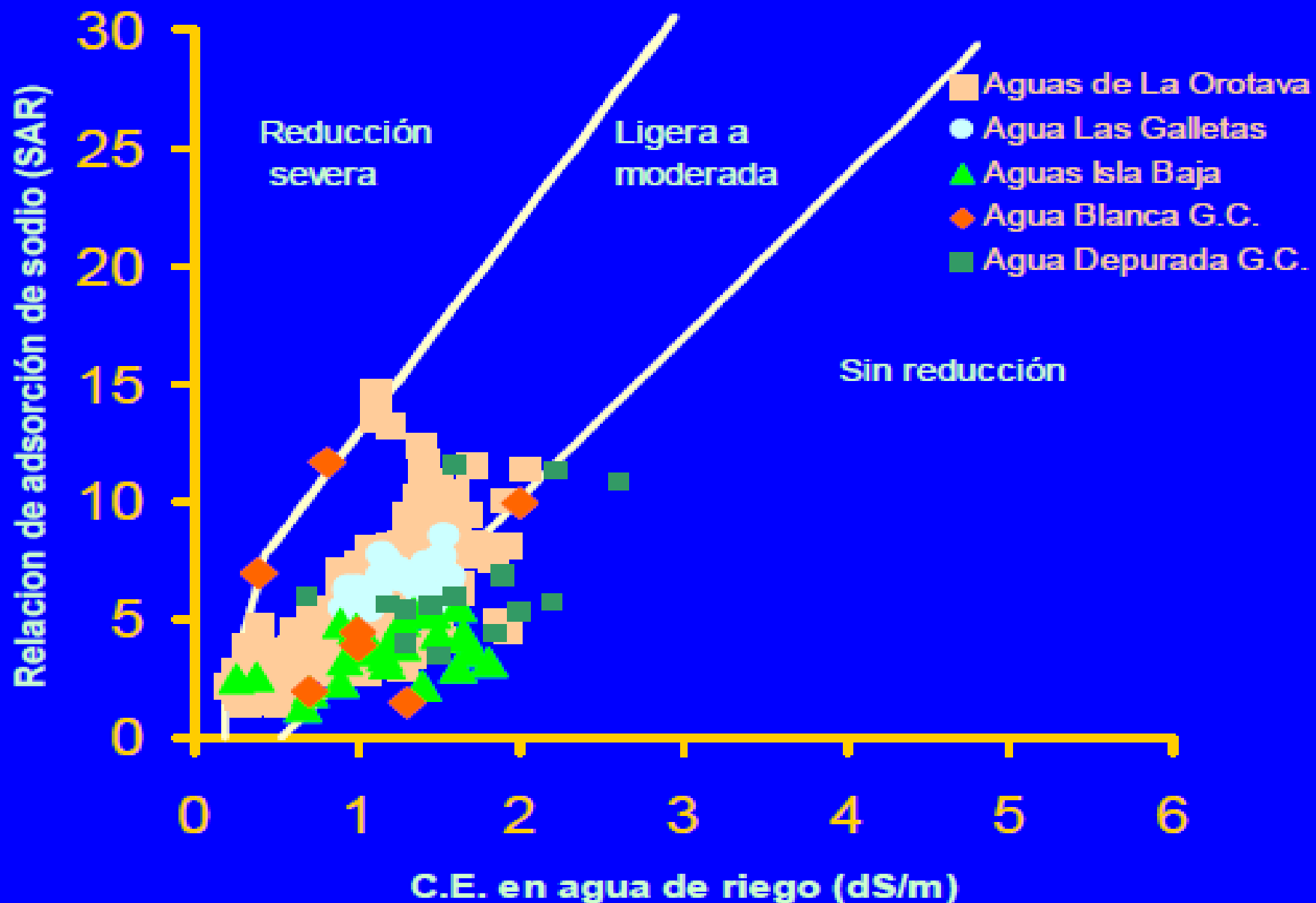
Respuesta de los suelos a la calidad del agua de riego: curvas de estabilidad estructural

I (y CH)
disminuyen
con:
↓ CE
↑ RAS



INFILTRACIÓN

Reducción de la infiltración provocada por la relación entre CE y SAR (Ayers, 1987)



Ejemplo: Respuesta de los suelos a la calidad del agua de riego(SAR y CE_a), cultivo plátano.

Año	2	3	4	5	6	7	8	9
86/87 (CE_a)	2130	1999	1990	1481	1570	2980	1415	2500
SAR	6.1	10,7	8,6	9,8	4,4	17,2	9,1	11,5
Infiltración	SR	LM	LM	LM	SR	LM	LM	LM
Recomendac	MEZCLA DE AGUAS-aporte de E-CALCIO y M.O							
2007	910	1030	510	680	1160	1340	1490	949
SAR	6,8	5,5	3.4	4,7	5,4	7,2	10	6,8
Infiltración	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM
Recomendac	Aporte de E-CALCIO y M.O							
2014	970	690	840	1000	1100	960	640	1050
SAR	6,75	5,65	4,9	6,75	7,85	7,4	4,2	6,85
Infiltración	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM
Recomendac	Aporte de E-CALCIO y M.O							

4.- Toxicidad iónica específica.

			Sin problema	Problemas	Problemas graves
Toxicidad específica vía raíz					
	Sodio	<u>SAR</u>	< 3,0	3,0-9,0	<9,0
	Cloruros	meq/l	< 3,0	> 3,0	---
	Boro	mg/l	< 0,7	0,7 – 3,0	>3,0
Toxicidad específica vía foliar					
	Sodio	meq/l	<3,0	>3,0	
	Cloruros	meq/l	<3.0	>3,0	
Efectos varios					
	pH		6.5 – 8,3	>8.3 <6.5	
	Bicarbonatos (foliar)	meq/l	< 1,5	1,5 – 8,5	>8,5



Interpretación de análisis de aguas de riego



ANALISIS DE AGUAS

DETERMINACIONES

MUESTRA

POZO

GALERIA

DEPURADA

pH

7.1

8.4

7.7

CE_a (μS/cm a 25°C)

2710

1391

1019

CATIONES (meq/l)

Sodio (Na⁺)

10.37

9.87

7.00

Potasio (K⁺)

0.66

0.89

0.93

Calcio (Ca²⁺)

8.27

0.92

0.77

Magnesio (Mg²⁺)

11.06

2.34

2.21

Amonio (NH₄⁺)

2.17

DETERMINACIONES	MUESTRA		
	POZO	GALERIA	DEPURADA
ANIONES (meq/l)			
Carbonato (CO₃²⁻)	0.00	1.12	0.00
Bicarbonato (HCO₃⁻)	9.25	9.84	7.20
Cloruros (Cl⁻)	18.03	0.81	3.50
Sulfatos (SO₄²⁻)	2.11	1.86	1.40
Nitratos (NO₃⁻)			0.20
Fosfatos (HPO₄)			0.52
ELEMENTOS TRAZA (pmm)			
Boro (B)			1.20
Cobre (Cu)			0.01
Aluminio (Al)			0.05

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

1.- Suma cationes = suma de aniones (meq), sí la diferencia es <5% (aceptable).

	POZO	GALERÍA	DEPURADA
Suma de cationes (meq/l)	30.36	14.02	13.08
Suma de aniones (meq/l)	29.39	13.63	12.82
Fiabilidad (%)	96.7	97.1	98.0

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

2.- $CE \text{ (dS/m)} * \text{factor (f) (10 – 12)} = \text{Suma de cationes (o aniones)}$.

COMPROBACIONES	POZO	GALERÍA	DEPURADA
CE_a (dS/m a 25°C)	2,71	1,39	1,02
Suma de cationes (meq/l)	30.36	14.02	13.08
Suma de aniones (meq/l)	29.39	13.63	12.82
Factor de ajuste	11.0	10.0	12.7

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

3.- Calculo pH-equilibrio (pHc), se obtiene a partir de la ecuación:

$$\text{pHc} = \text{pK2} - \text{pKc} + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{pAlk}$$

MUESTRAS	POZO	GALERÍA	DEPURADA
pH	7.1	8.4	7.7
Ca+Mg+Na	29,7	13,13	9,98
pK2-pKc	2.40	2.30	2.28
Ca+Mg	19,33	3,26	2,98
p(Ca + Mg)	2.00	2.80	2,80
CO ₃ + HCO ₃	9.25	10.96	7.20
pAlk	2.00	2.00	2.10
pHc	6.40	7.1	7.08

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

4.- Calculo de SAR, SAR ajustado y SAR:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

$$RAS(aj) = RAS \{ 1 + (8.4 - pHc) \}$$

$$S.A.R.^0 = Na^+ / (\sqrt{([Ca^{2+}] + Mg^{2+}) / 2})$$

MUESTRAS	POZO	GALERÍA	DEPURADA
pHc	6.40	7.1	7.08
SAR	3.34	7.73	5.73
SAR ajustado	10.02	17.78	12.82
SAR corregido	4.03	8.34	6.04

$$SAR \cong 0.5 * SAR \text{ ajustado}$$

Suma de Ca ²⁺ , Mg ²⁺ y Na ⁺ (meq/l)	Valor de (pK ₂ -pK _c)	Suma de Ca ²⁺ y Mg ²⁺ (meq/l)	Valor de p(Ca + Mg)	Suma de CO ₃ ²⁻ y CO ₃ H ⁻ (meq/l)	Valor de p(AIK)
0,05	2,0	0,05	4,6	0,05	4,3
0,10	2,0	0,10	4,3	0,10	4,0
0,15	2,0	0,15	4,1	0,15	3,8
0,20	2,0	0,20	4,0	0,20	3,7
0,25	2,0	0,25	3,9	0,25	3,6
0,30	2,0	0,30	3,8	0,30	3,5
0,40	2,0	0,40	3,7	0,40	3,4
0,50	2,1	0,50	3,6	0,50	3,3
0,75	2,1	0,75	3,4	0,75	3,1
1,00	2,1	1,00	3,3	1,00	3,0
1,25	2,1	1,25	3,2	1,25	2,9
1,50	2,1	1,50	3,1	1,50	2,8
2,00	2,2	2,00	3,0	2,00	2,7
2,50	2,2	2,50	2,9	2,50	2,6
3,00	2,2	3,00	2,8	3,00	2,5
4,00	2,2	4,00	2,7	4,00	2,4
5,00	2,2	5,00	2,6	5,00	2,3
6,00	2,2	6,00	2,5	6,00	2,2
8,00	2,3	8,00	2,4	8,00	2,1
10,00	2,3	10,00	2,3	10,00	2,0
12,50	2,3	12,50	2,2	12,50	1,9
15,00	2,3	15,00	2,1	15,00	1,8
20,00	2,4	20,00	2,0	20,00	1,7
30,00	2,4	30,00	1,8	30,00	1,5
50,00	2,5	50,00	1,6	50,00	1,3
80,00	2,5	80,00	1,4	80,00	1,1

SAR ajustado:

$$RASaj = RAS (1 + 8,4 - pHc)$$

$$PHc = (pK_2 - pK_c) + p(Ca + Mg) + p(AIK).$$

Ejemplo: pHc agua de galería tenemos
2.3+2.8+2.0=7.1

Salinidad del agua de riego, dS/m

HCO ₃ /Ca	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,74	8,07	8,61	9,04	9,81	10,36
0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,46	6,79	7,33	7,76	8,53	9,08
0,25	4,51	4,56	4,76	4,92	5,06	5,22	5,62	5,95	6,49	6,92	7,69	8,24
0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	5,02	5,35	5,89	6,32	7,09	7,64
0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,57	4,90	5,44	5,87	6,64	7,19
0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	4,22	4,55	5,09	5,52	6,29	6,84
0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,93	4,26	4,80	5,23	6,00	6,55
0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,69	4,02	4,56	4,99	5,76	6,31
0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,34	2,51	2,91	3,24	3,78	4,21	4,98	5,53
1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,49	2,82	3,36	3,79	4,56	5,11
1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	2,18	2,51	3,05	3,48	4,25	4,80
1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,98	2,31	2,85	3,28	4,05	4,60
1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,83	2,16	2,70	3,13	3,90	4,45
2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,71	2,04	2,58	3,01	3,78	4,33
2,25	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,61	1,94	2,48	2,91	3,68	4,23
2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,52	1,85	2,39	2,82	3,59	4,14
3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,40	1,73	2,27	2,70	3,47	4,02
3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	1,30	1,63	2,17	2,60	3,37	3,92
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	1,20	1,53	2,07	2,50	3,27	3,82
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	1,10	1,43	1,97	2,40	3,17	3,72
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	1,00	1,33	1,87	2,30	3,07	3,62
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,90	1,23	1,77	2,20	2,97	3,52
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,75	1,08	1,62	2,05	2,82	3,37
20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,55	0,88	1,42	1,85	2,62	3,17

Agua de galería:
 CE: 1.39 dS/m
 HCO₃ + CO₃ : 10,96 meq/l
 Ca⁺⁺ : 0.92 meq/l
 Ca⁺⁺ : 2.34meq/l
 Na⁺: 9,87 meq/l
 HCO₃ + CO₃/ Ca⁺⁺ : 11,91 meq/l
 SAR⁰= 8,34

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

5.- Interpretación utilizando los criterios de FAO (1987), elegimos agua de galería:

- SALINIDAD, el grado de restricción de uso es ligero a moderado, dependiendo del cultivo a que vaya destinado ($CE_e = 1.39 * 1.5 = 2.1$ "ojo para el plátano")
- INFILTRACIÓN, atendiendo a su CE y SAR presenta un grado de restricción de uso ligero a moderado, posible problemas de infiltración y conductividad hidráulica en el suelo. (necesita aporte de ENMIENDAS DE CALCIO)
- TOXICIDAD IONICA ESPECIFICA, por SODIO en casos de riegos por aspersión y superficial. Sin embargo no presenta ningún problema de CLORO .

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

6.- Obturaciones de tipo químico (debidas a precipitaciones de sustancias disueltas en el agua o incorporadas a la misma):

- En las instalaciones de riego se pueden necesitar realizar tratamientos preventivos al agua de riego.
- La aplicación puede hacerse durante todo el riego o en la última parte del riego (últimos 10 a 15 minutos de riego), de forma que el agua que permanezca en el interior de la red no produzca precipitaciones en forma de CARBONATOS.
- La determinación de la cantidad de ácido necesaria para alcanzar el pH-equilibrio ($pH_c=7.1$) se puede hacer:

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUAS

6.- (Continuación...):

- a. Determinación en Laboratorio, mediante una curva de neutralización...
- b. Calcular la ALCALINIDAD (Carbonatos + Bicarbonatos) a eliminar para alcanzar el pH de equilibrio. Para determinarse con la suficiente aproximación mediante el índice de saturación de LANGELIER (I_s):
 - $I_s = \text{pH}_a - \text{pH}_c$ ($8.4 - 7.1$) = 1.3, si es + indican que el agua depositará CARBONATO CALCICO.
 - Cálculo de la ALCALINIDAD corregida se recomienda el libro “Riego Localizado, Rodrigo, Hernández, Pérez y Glez (1999)”

MUESTRAS	POZO	GALERÍA	DEPURADA
I_s	0.7	1.3	0.5
FL=RL (Riego localizado)	34%	17%	13%

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

