

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL AGUA DEPURADA EN EL ÉXITO DE LOS PROGRAMAS DE REUTILIZACIÓN: EJEMPLOS EN GRAN CANARIA:



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



Palacios* Mendoza-Grimón* Fernández** Fernandez-Vera*** Hernandez-Moreno****

M^a del Pino Palacios Díaz

Prof . Titular ULPGC

Doctor Ingeniero Agrónomo UPV

Máster en Tecnología Ambiental ULPGC



**

CONSEJO INSULAR
DE AGUAS
DE GRAN CANARIA

CONSEJERÍA ***
AGRICULTURA,
GANADERÍA Y PESCA

GRANJA AGRÍCOLA
EXPERIMENTAL



Cabildo de
Gran Canaria

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL AGUA DEPURADA EN EL ÉXITO DE LOS PROGRAMAS DE REUTILIZACIÓN: EJEMPLOS EN GRAN CANARIA

1. ASPECTOS SANITARIOS: LA DESINFECCION

1.1. La cadena epidemiologica: El agua como reservorio y mecanismo de transmisión

1.2. El riesgo de infección:

Contacto directo e indirecto —→ importancia del manejo del agua

2. EL MANEJO DEL AGUA Y SU EFECTO EN LAS CONSECUENCIAS DEL REUSO

2.1. Costes de producción y bombeo

2.2. Ventajas del reuso: empresario agrícola y sociedad

2.3. La influencia del manejo en la evolución de algunos parámetros agronómicos

- Sodio, salinidad, Nitrógeno, Fósforo, Boro...

Reutilización de aguas en platanera: Experiencia piloto en la depuradora de Gáldar

Riego de especies forrajeras utilizando un riego enterrado en Bañaderos



- Tratamiento terciario

LA DESINFECCIÓN

Con la desinfección **se reduce la capacidad de los microorganismos de crecer y producir infecciones**, mediante el uso de biocidas.

*La desinfección **es siempre recomendable** cuando el agua depurada va a reutilizarse, no sólo por razones sanitarias, sino también, como medida para proteger los sistemas de transporte del agua y las instalaciones de riego.*

cadena epidemiológica

Un reservorio

donde los microorganismos viven y
se multiplican de forma natural,



agua

Un mecanismo de
transmisión



agua

Un sujeto

susceptible de padecer la enfermedad



cadena epidemiológica

Un reservorio

donde los microorganismos viven y
se multiplican de forma natural,



agua

Los patógenos son capaces de
sobrevivir en nuestras condiciones

Fecha	Calidad agua	CF	SF	Salmonella	DBO ₅
Oct 2001	AD	7,20 x 10 ³	1,0 x 10 ³	Presencia	378,7
	Terciario	4	4	Ausencia	-
Dic 2001	Terciario	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-
Enero 2002	AD	5,1 x 10 ⁴	-	Presencia	10,7
	Terciario	Ausencia	Ausencia	Ausencia	20,6
Febrero 2002 (principios)	AD	3,6 x 10 ³	Ausencia	Presencia	285
Febrero 2002 (finales)	AD	2,04 x 10 ⁴	1	Presencia	101,9
Marzo 2002	Secundario*	136	Ausencia	Ausencia	3,2
Abril 2002	AD	ND**	ND	Ausencia	3,0
	AD uv	ND	ND	Ausencia	3,0
	AR	14	ND	Ausencia	0,3
Junio 2002	AD	62	12	Ausencia	15,0
	AD uv	62	8	Ausencia	41,0
	AR	384	1	Ausencia	14,5
Agosto 2002	AD	ND	19	Ausencia	42,7
	AD uv	510	20	Ausencia	21,0
	AR	ND	ND	Ausencia	0,5
Sept 2002**	AD	3,5 x 10 ³	1,2 x 10 ³	Ausencia	1605
	AD uv	4,9 x 10 ²	4,9 x 10 ²	Presencia	125,5
	AR	146	2	Ausencia	8
Oct. 2002***	AD	ND	ND	Ausencia	8
	AD uv	100	2	Ausencia	7,7
	AR	8	1	ausencia	7,4
Dic 2003	AD	240	52	Ausencia	13
	AD uv	150	ND	Ausencia	4,8
	AR	50	ND	Ausencia	4,7
Enero 2003	AD	156	151	Ausencia	30,8
	AD uv	6	1	Ausencia	22,4
	AR	27	ND	Ausencia	1,2
Febrero 2003	AD	46	59	Ausencia	24,8
	AD uv	5	78	Ausencia	28,4
	AR	72	ND	Ausencia	7,4
Marzo 2003	AD	340	50	Ausencia	169,5
	AD uv	110	ND	Ausencia	2,4
	AR	370	62	Ausencia	<2
Abril 2003	AD	19	31	Ausencia	180
	AD uv	3	4	Ausencia	95
	AR	ND	ND	Ausencia	10,6
Mayo 2003	AD	72	296	Ausencia	214
	AD uv	176	372	Ausencia	221
	AR	ND	ND	Ausencia	11,2
Agosto 2003*****	AD	2,8 x 10 ³	1,4 x 10 ³	Ausencia	989
	AD uv	60	60	Ausencia	317
	AR	9,3 x 10 ²	ND	Ausencia	15,6
Sept. 2003	AD	68	81	Ausencia	41,0
	AD uv	20	8	Ausencia	35,1
	AR	110	ND	Ausencia	29,3
Octubre 2003	AD	110	220	Ausencia	52,7
	AD uv	140	170	Ausencia	35,1
	AR	20	Nd	Ausencia	29,8

cadena epidemiológica

Un reservorio

donde los microorganismos viven y
se multiplican de forma natural,



agua

Un mecanismo de
transmisión



agua

Un sujeto

susceptible de padecer la enfermedad

Directo: ingestión
contacto

Indirecto: Consumo alimentos regados:
Infectividad, dosis mínima



Los mecanismos de transmisión de las enfermedades gastrointestinales pueden ser :

DIRECTO:

La **ingesta** de agua contaminada,
(no usual cuando se trata de aguas depuradas).

- Por el **contacto cutáneo o mucoso**:
 - **riesgo profesional (MANEJO SEGURO!)** para los manipuladores de las redes de abastecimientos y los agricultores, o
 - riesgo en el caso de reutilización de aguas **con fines recreativos**.

→ Aunque normalmente se trata de infecciones superficiales,
en individuos **inmunodeprimidos** puede suponer infecciones serias.

Los mecanismos de transmisión de las enfermedades

gastrointestinales pueden ser :

INDIRECTO

Consumo de **alimentos** que incorporan de alguna forma el agua contaminada: infectividad, dosis mínima

- productos agrícolas regados con aguas depuradas de calidad sanitaria deficiente
- El **manejo es crítico**: El sistema de riego empleado, las dosis, los productos regados pueden ser mas importantes que la calidad inicial



Los mecanismos de transmisión INDIRECTOS



Estudio del comportamiento indicadores de contaminación

Dentro de los **enterococos fecales** solo deben incluirse aquellos que se encuentran **exclusivamente** en las heces del hombre y de los animales

En los análisis de **aguas**, el **91,5%** de los enterococos fecales aislados correspondían a especies de origen intestinal

De las cepas encontradas **en planta**: el 32% dicho origen (*E. faecalis* y *E. hirae*) mientras que el **68%** provendrían de **otras** fuentes

Es probable, (riego SDI) que el origen de las cepas de enterococos **sea ambiental** en muchos casos, y que los **aislados fecales** se deban a heces de **animales de vida libre** y no procedan del agua utilizada para regar

MARZO 2003	Alfalfa AR Sobre gotero	Alfalfa AD Sobre gotero	Alfalfa AD a 1 m. gotero	Pasto Sudán Sobre gotero
Coliformes fecales	<3	75	<3	1100
E. coli	<3	9	<3	1100
Estreptococos fecales	240	15	23	9
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

MAYO 2003	Alfalfa AR Sobre gotero	Alfalfa AD Sobre gotero	Alfalfa AD a 1 m. gotero	Pasto Sudán Sobre gotero
Coliformes fecales	9	<3	>2400	<3
E. coli	9	<3	>2400	<3
Estreptococos fecales	93	4	23	75
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Julio 2003	Alfalfa AR Sobre gotero	Alfalfa AD Sobre gotero	Alfalfa AD a 1 m. gotero	Pasto Sudán Sobre gotero
Coliformes fecales	<3	43	150	>2400
E. coli	<3	43	150	>2400
Estreptococos fecales	<3	<3	23	>2400
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Septiembre 2003	Alfalfa AR Sobre gotero	Alfalfa AD Sobre gotero	Alfalfa AD a 1 m. gotero	Pasto Sudán Sobre gotero
Coliformes fecales	210	150	9	>2400
E. coli	<3	20	<3	<3
Estreptococos fecales	>2400	>2400	>2400	>2400
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

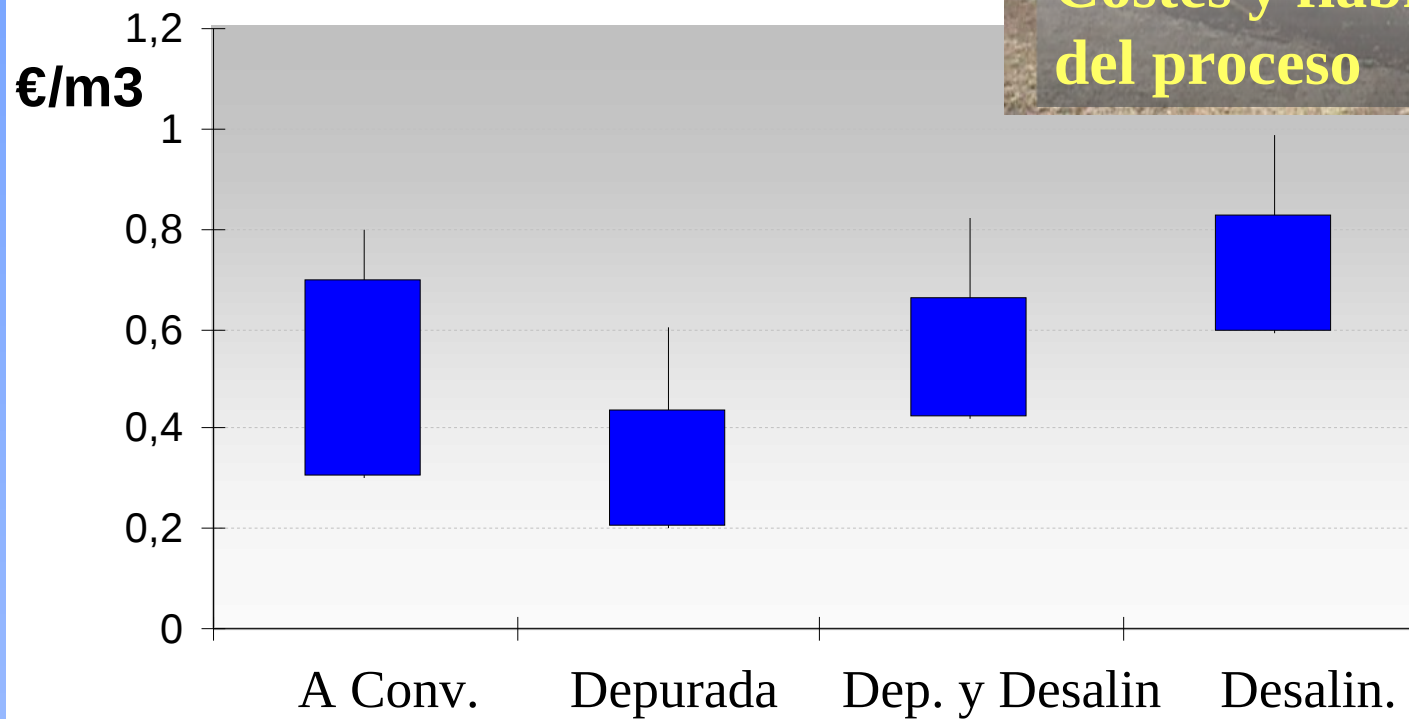
Planta piloto: diversas calidades de agua



**Costes y fiabilidad
del proceso**

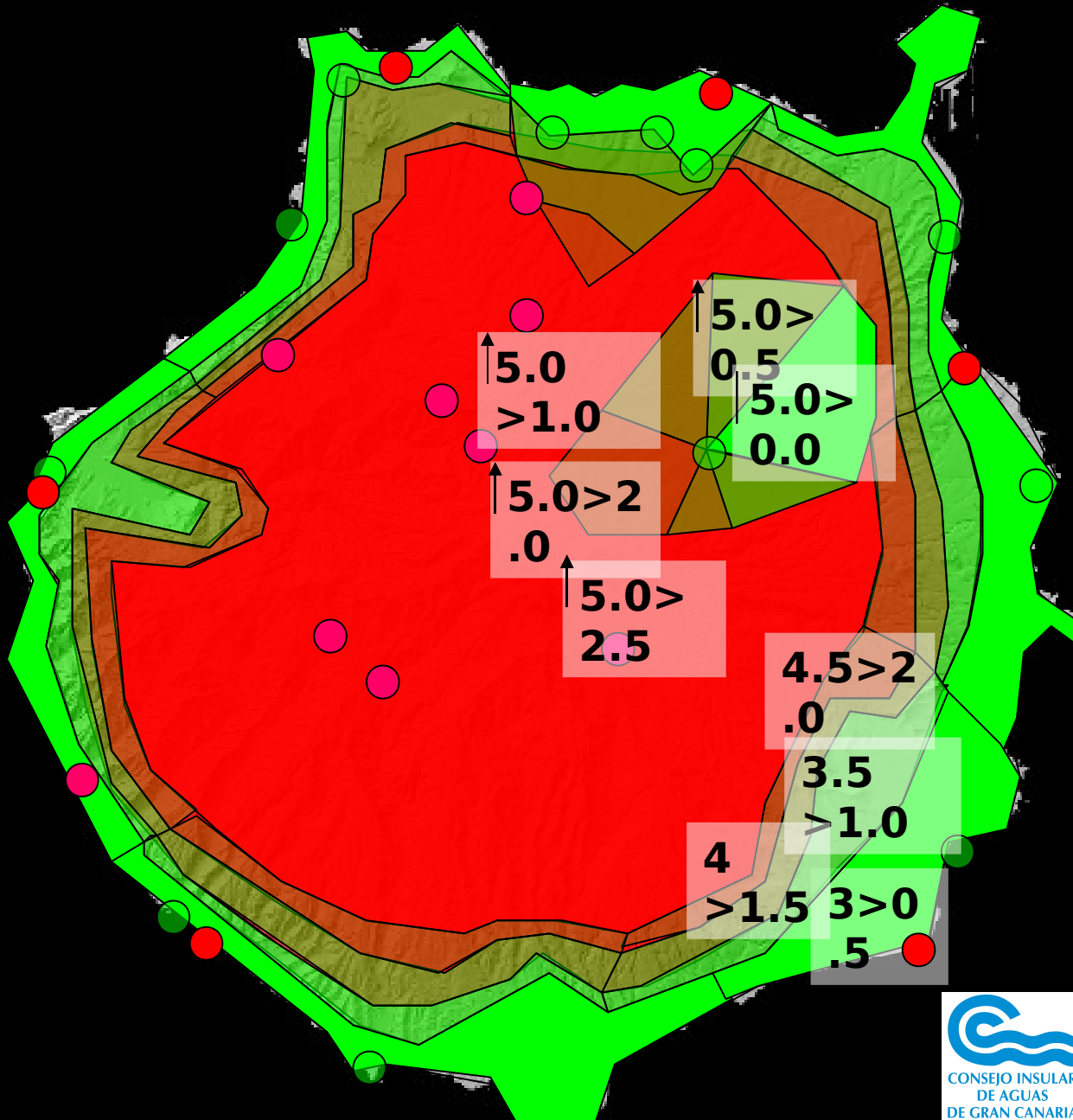


Diversas calidades de agua



Consumo de Energía

DW vs RW



	Height 100: 3.0
	kw/m ³
	Height 200: 3.5
	kw/m ³
	Height 300: 4.0

kw/m³

	Height 400: 4.5
	Height 100: 0.5
	kw/m ³
	Height 500: 5.0
	Height 200: 1.0
	kw/m ³

Height 300: 1.5

● **Desalination plant**

● **Waste Water plants**

● **Small Water plants**

“La sostenibilidad de los sistemas productivos aparece como la única alternativa racional de gestión del medio rural”

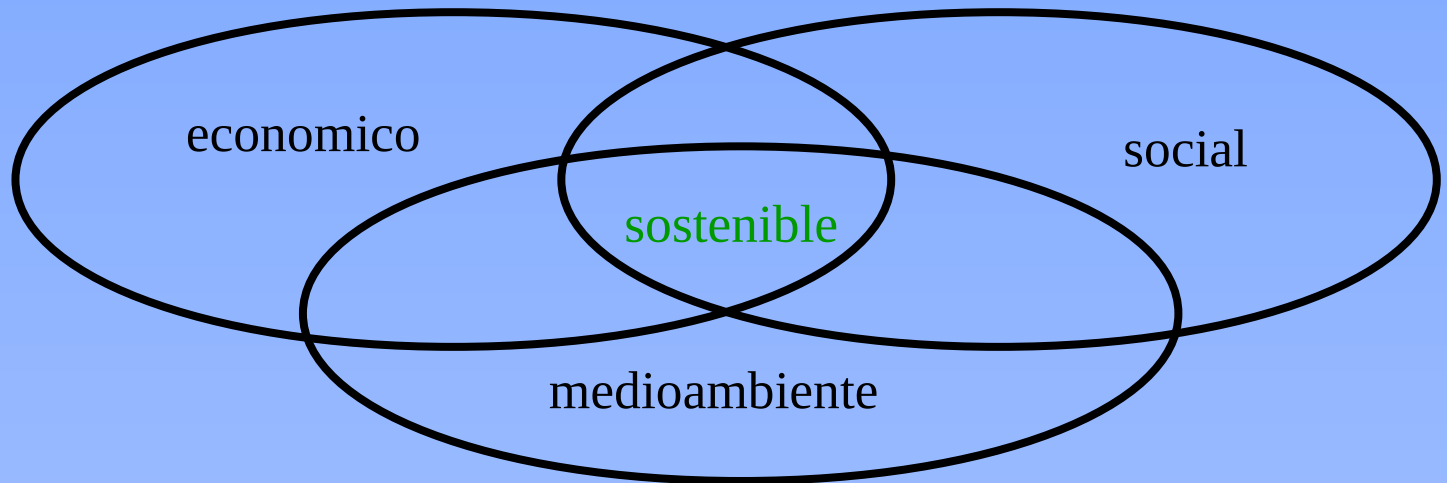
Diferentes ventajas:

- para el agricultor (barato, fiable y disponible) que
- para la sociedad (disminución consumo recursos convencionales y energía)

Concepto de **sostenibilidad**:

Equilibrio entre:

- los aspectos sociales
- los aspectos mediambientales
- los aspectos económicos



Potential irrigation problem	Units	Degree of restriction on use		
		None	Slight to moderate	Severe
Salinity				
Ec _w ¹	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
or				
TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltration				
SAR ² = 0 - 3 and EC _w		> 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
Specific ion toxicity				
Sodium (Na)				
Surface irrigation	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3	
Chloride (Cl)				
Surface irrigation	me/l	< 4	4 - 10	> 10
Sprinkler irrigation	m ³ /l	< 3	> 3	
Boron (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Trace Elements (see Table 10)				
Miscellaneous effects				
Nitrogen (NO ₃ -N) ³	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO ₃)	me/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH	Normal range 6.5-8			

ESTABLECIMIENTO DE
NORMATIVAS:
ESTUDIO
COMPARATIVO EN
DIVERSOS PAISES

Fuente:
Ayers & Wescot,
1985 FAO

Depende:
Clima
Suelo
Especie cultivada
Prácticas de
manejo del agua

2. Características físico-químicas del suelo

la relación agua-suelo-planta

El SAR evalúa el riesgo pero:

la presencia de sales en la solución del suelo (cuantificada mediante el parámetro Conductividad Eléctrica, EC) disminuye el riesgo de impermeabilización de l

Los criterios agronómicos de evaluación de aguas incluyen la combinación de los dos parámetros citados: SAR y EC



La calidad de agua que **debe ser producida por las desaladoras de AD** debe establecerse tras realizar los correspondientes estudios en campo:

→la combinación de agua con: **baja salinidad y alto SAR**
supone un riesgo de **desestabilización de la estructura** de los
suelos que puede afectar a la producción

La calidad de agua que debe ser producida por las desaladoras de AD debe establecerse tras realizar los correspondientes estudios en campo:

→la combinación de agua con: baja salinidad y alto SAR

supone un riesgo de desestabilización de la estructura de los suelos

- Este **riesgo** es **variable** según las condiciones previas de **estabilidad** del suelo y la sensibilidad no es la misma para todas las especies cultivadas.
- Además, el **manejo del agua** modifica este riesgo



La calidad de agua que debe ser producida por las desaladoras de AD debe establecerse tras realizar los correspondientes estudios en campo:

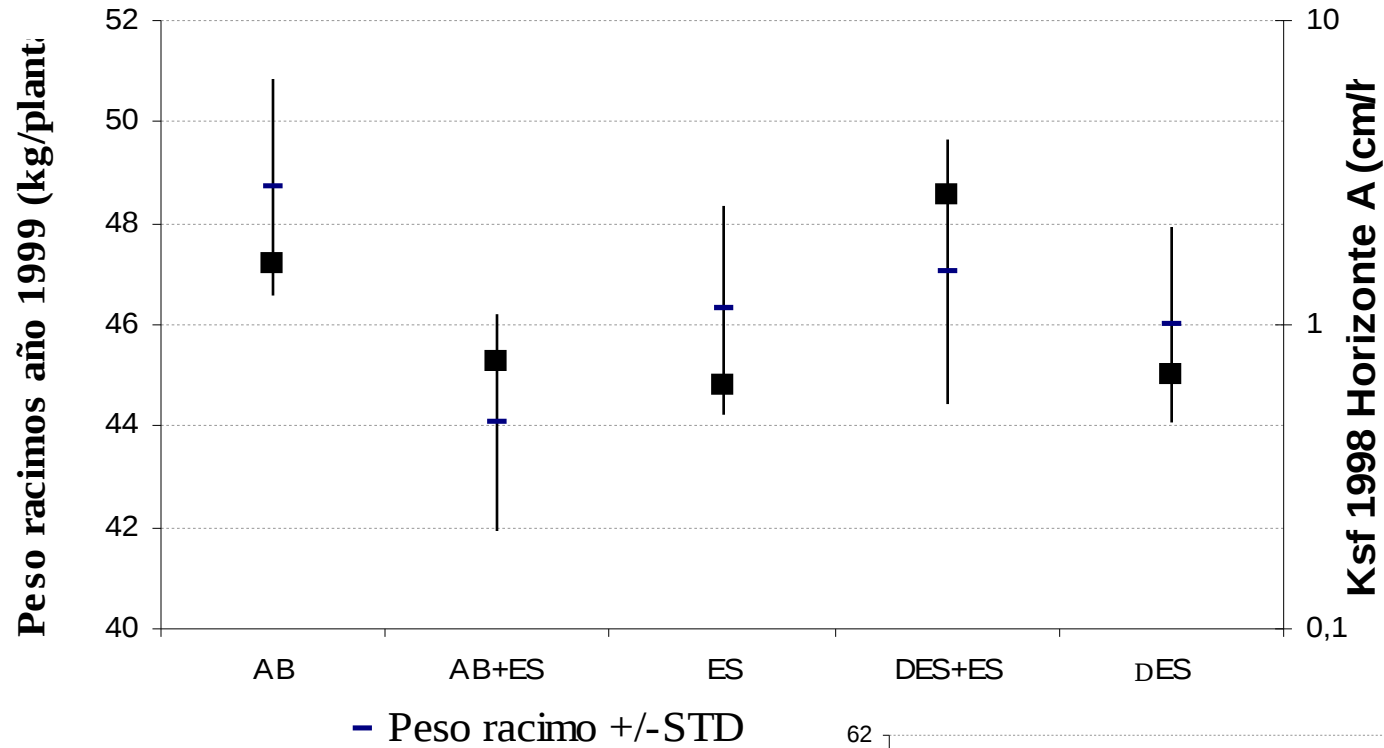
→la combinación de agua con: baja salinidad y alto SAR

supone un riesgo de desestabilización de la estructura de los suelos

- Este riesgo es variable según las condiciones previas de estabilidad del suelo
- A su vez, la respuesta de las especies cultivadas a los problemas estructurales es muy variable: fenómeno muy complejo

La **platanera** es una especie que resulta ejemplar en cuanto a su **sensibilidad a salinidad y a asfixia radicular**

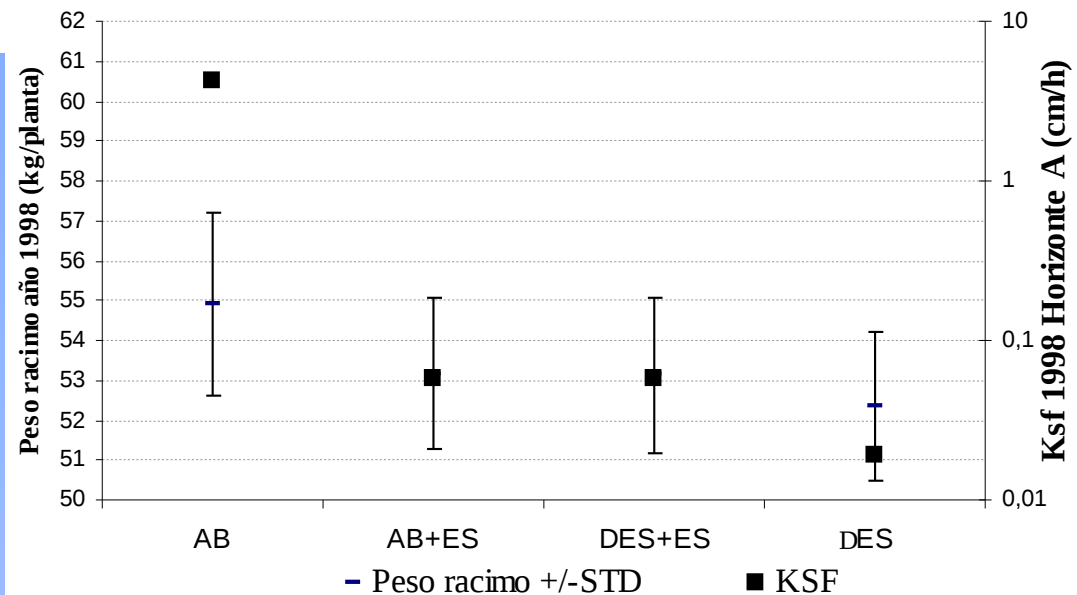
Producción y Calidad de agua



Calidad agua

Producción

Kfs



- La **salinidad** del AD se debe en parte a los nutrientes aportados,

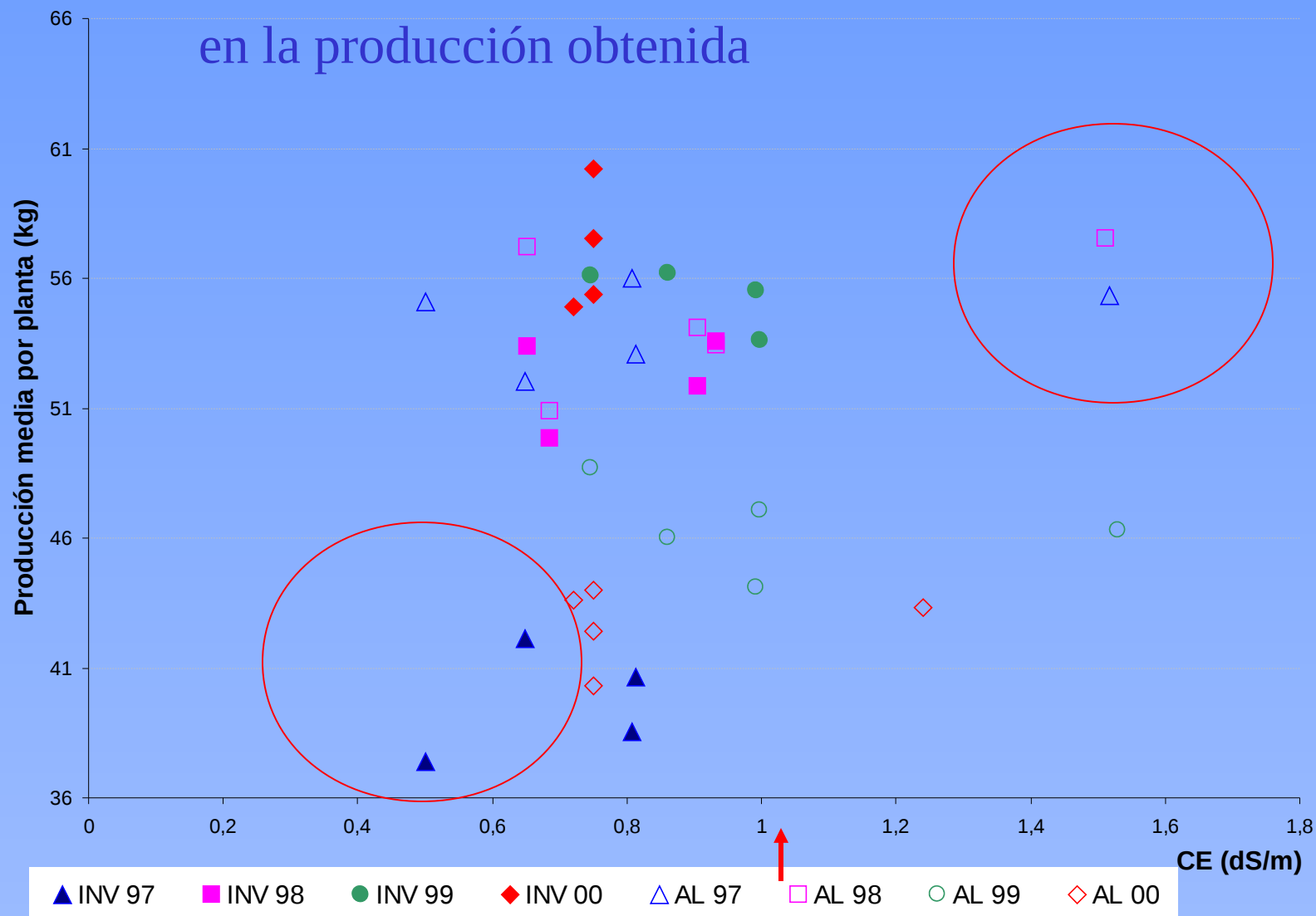
en las aguas salinas de origen marino la salinidad es casi exclusivamente debida a las elevadas concentraciones de cloruros y sodio

- La salinidad del AD se debe en parte a los nutrientes aportados,

en las aguas salinas de origen marino la salinidad es casi exclusivamente debida a las elevadas concentraciones de cloruros y sodio
- Como los **umbrales de salinidad** establecidos han sido calculados para **CE de recursos convencionales**, para determinar el **umbral de salinidad para el AD** es necesario realizar nuevos estudios

RESULTADOS

Producción: no se observa una respuesta a la salinidad del agua en la producción obtenida



Experiencia en Forrajas: composicion del agua RW y FW

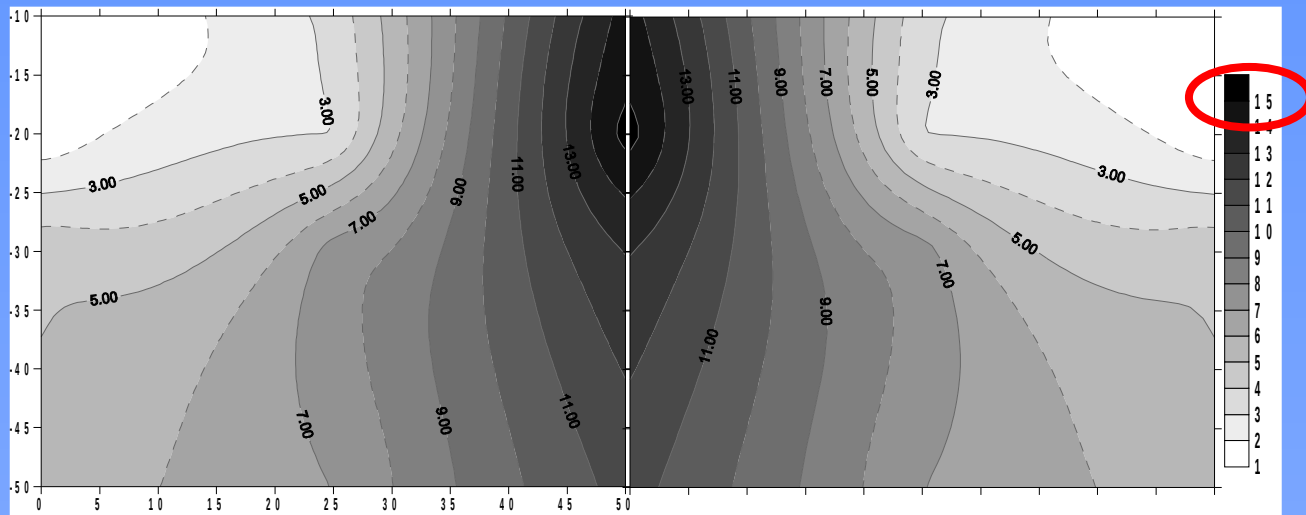
Irrigation Water	EC		pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	dS m ⁻¹			mmolc·L ⁻¹			
FW	0.15	(0.14)	7.15 (1.01)	0.56 (0.91)	0.20 (0.08)	0.60 (0.12)	0.20 (0.19)
RW	2.24	(0.75)	7.76 (0.56)	14.55 (5.97)	1.40 (0.46)	3.86 (1.24)	4.93 (2.15)
	TSS		SAR	Cl ⁻	SO ₄	Alk	NO ₃ ⁻
	mg·L ⁻¹		(mmol·L ⁻¹) ^{1/2}	mmolc·L ⁻¹			
FW	3.03	(3.40)	0.88	0.59(1.12)	0.09(0.12)	1.11(0.98)	0.01(0.01)
RW	17.87	(3.76)	6.94	12.10(5.45)	3.8(0.76)	9.03(2.24)	0.9(1.3)
	NH ₄		Pt	B	Fe	Mn	Zn
	mmolc·L ⁻¹				μmol·L ⁻¹		
FW	0.01	(0.01)	DL	DL	0.53 (1.08)	0.14 (0.31)	0.32 (0.31)
RW	0.77	(0.81)	0.14 (0.09)	0.19 (0.06)	7.84 (23.08)	0.7 (1.25)	3.35 (3.83)

RW mostró: (Ayers & Westcot, 1985)

- restricción moderada para salinidad, boro, nitrato y cloruros
- **ninguna restricción relativa a riesgo de destrucción de agregados (infiltración asegurada)**

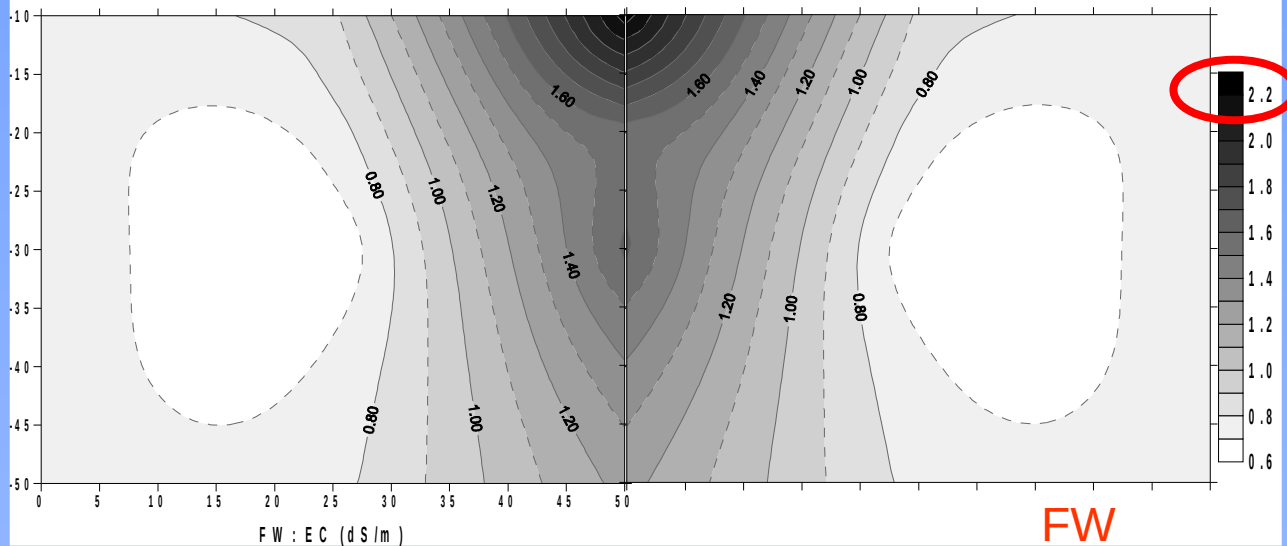
Sin embargo, el riego por salinidad fue mucho mayor con el cambio de sistema de riego

Suelo

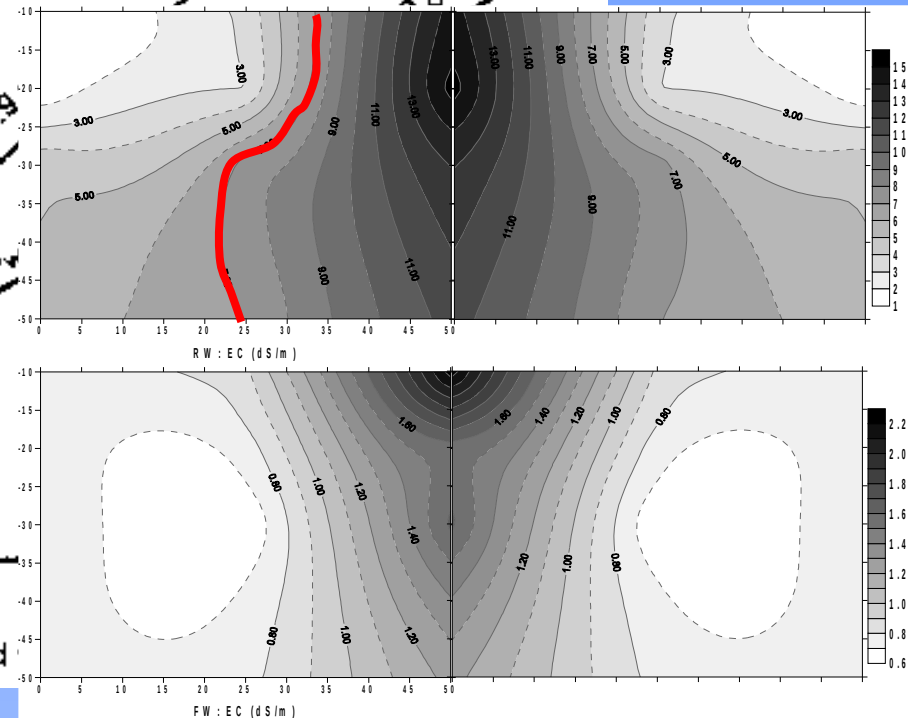
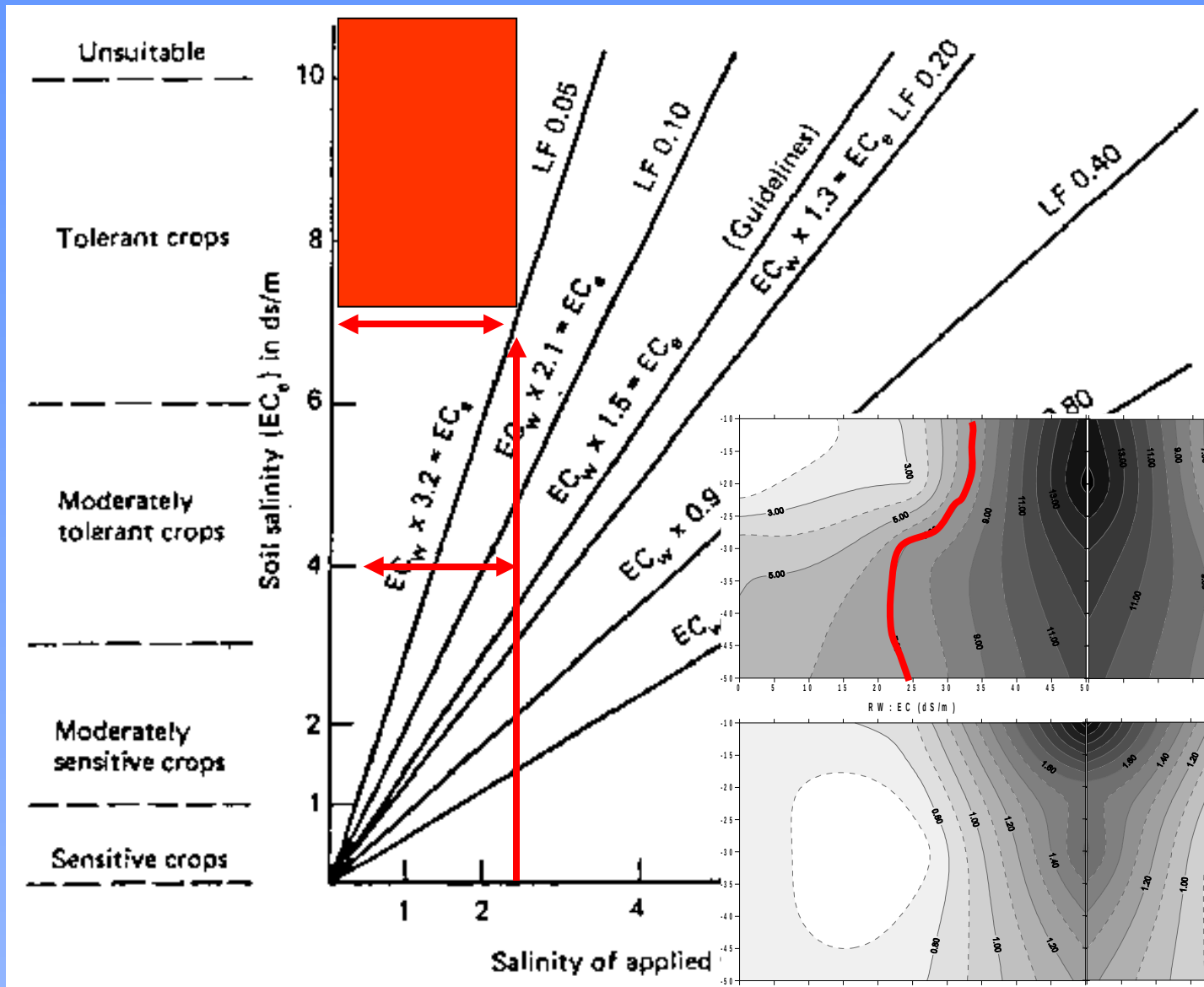


RW

Diferente escala!!!

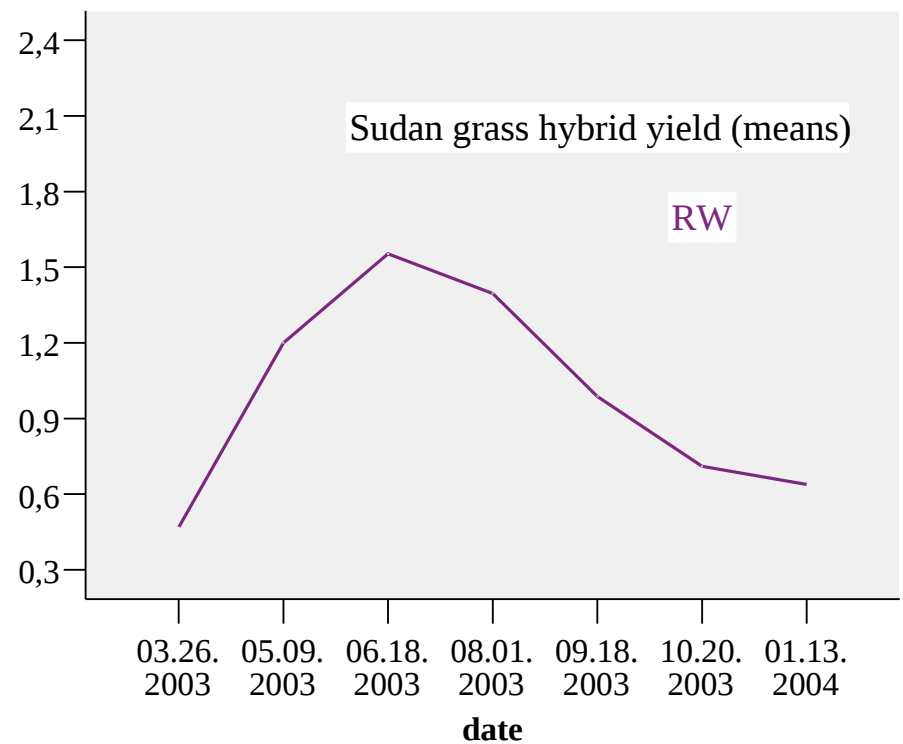
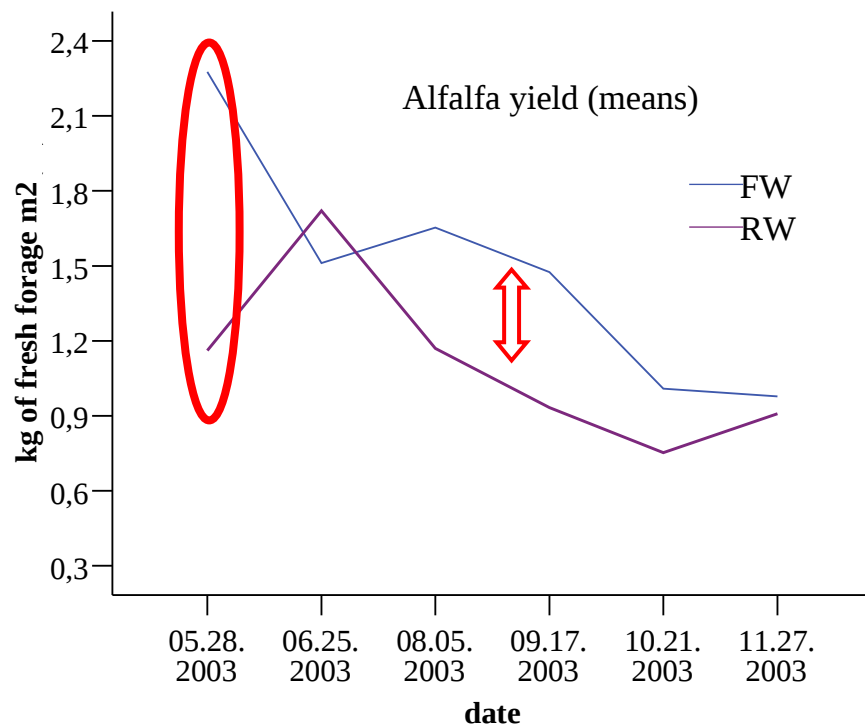


FW

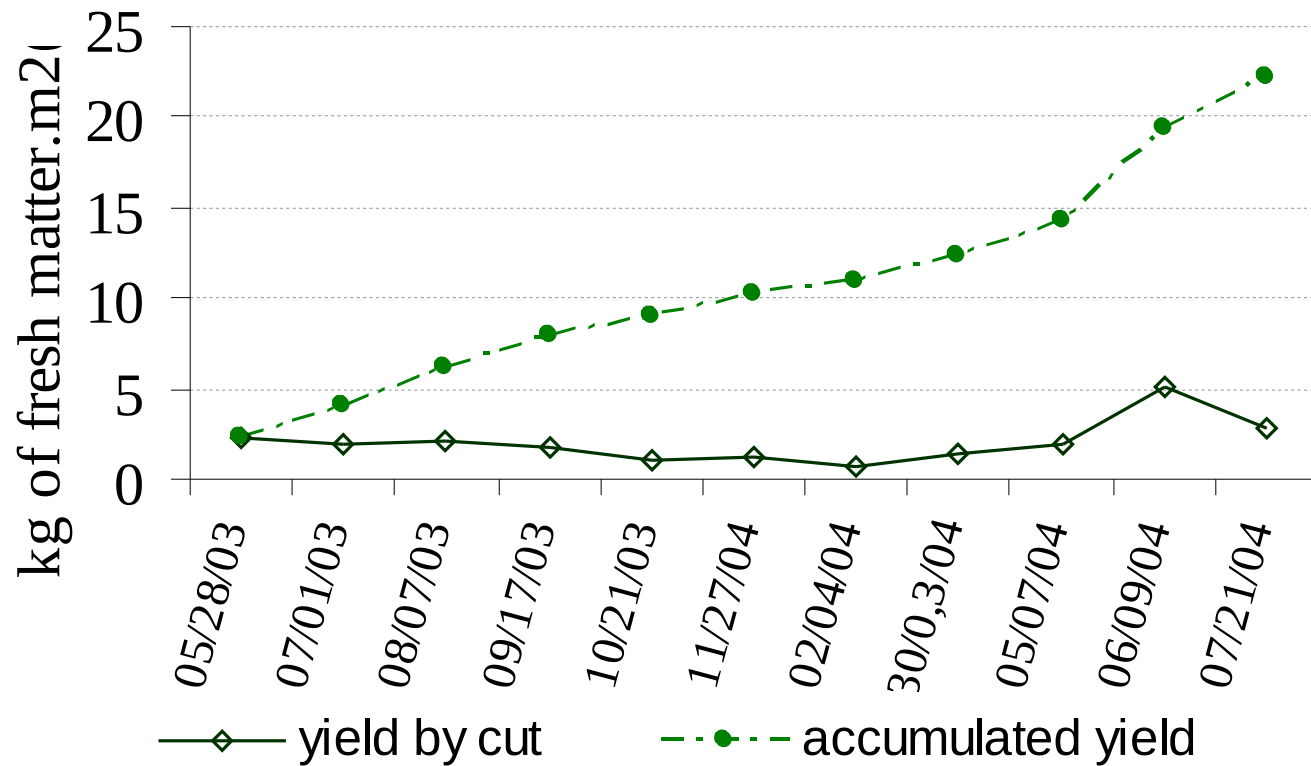


El nuevo sistema de riego no permite el lavado de sales, que se acumularon en superficie

A partir de 0.25 m del emisor la salinidad afectó incluso a una especie tolerante como es la alfalfa



Aun usando un agua salina (EC: 2.24 dS/m) y sódica (SAR: 6.94) la producción fue muy elevada



Utilizando 600 L·m⁻² y año es posible obtener **9 cortes por año** y **alcanzar elevados rendimientos** 143 t/ha y año de materia fresca

- Considerando el precio del heno en 0.24 €/kg y el rendimiento mas pequeño obtenido de 8.4 kg de materia fresca $\cdot m^{-2}$ (equivalente a 2.1 materia seca $\cdot m^{-2}$),
el beneficio es **0.5 € $\cdot m^{-2}$** .
- Asumiendo un precio de RW de 0.2 € $\cdot m^{-3}$ y regando con 600 l $\cdot m^{-2}$ mediante un sistema SDI, se puede calcular que el coste del RW representa menos del **24 % del beneficio**.
- Por tanto, es posible cultivar muchos suelos abandonados y producir el forraje que necesita nuestra ganadería.

- Por tanto: los efectos del reuso del agua depurada se producen de forma **simultánea** y son afectados por las condiciones agroclimáticas y las técnicas de cultivo de las regiones
- Los estudios deben realizarse contemplando conjuntamente todos los aspectos implicados en la reutilización para realizar **recomendaciones sobre el manejo óptimo de este recurso**
- La propuesta de **normativa** de reutilización debe contemplar **aspectos agrarios** y adaptarse a las condiciones agroecológicas Canarias
- Los **costes** de tratamiento deben ser **repartidos** entre los agentes implicados