



Manejo y gestión del agua regenerada en comunidades de regantes



Emilio Nicolás Nicolás
Científico Titular CSIC
Dr. Ing. Agrónomo.
e-mail: emilio@cebas.csic.es

INDICE GENERAL

1. Introducción

2. Control y manejo del agua regenerada en una comunidad de regantes.

2.1. Puntos de control y parámetros de calidad.

2.2. Manejo del fertirriego.

2.3. Mantenimiento de embalses.

3. Resultados en parcelas experimentales de cultivos frutales.

4. Conclusiones y recomendaciones.

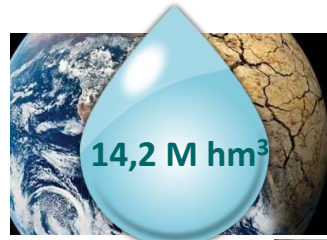


INTRODUCCIÓN

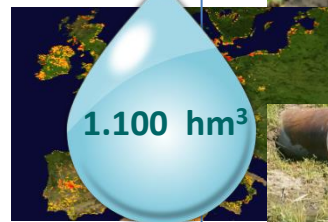


INTRODUCCIÓN

Reutilización del AR



Global Water Market (2017)



CE (2016)



Ventajas INE (2016)

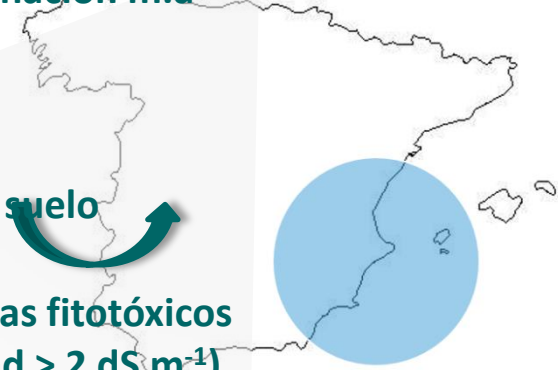
AGUA REGENERADA

Abono



Levante español

Contaminación m.a (53%)



Sal en suelo
325 hm³

Problemas fitotóxicos
(Salinidad > 2 dS m⁻¹)

Nicolás et al. (2016)

Uso agrícola de AR



Riesgos

INTRODUCCIÓN

- Según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (PHCS, 1998), de los **1.540 hm³** de agua que la componen, **220 hm³** provienen de extracciones de aguas subterráneas, de los que **100 hm³** proceden de la sobreexplotación de reservas no renovables.
- Unas **60.000 ha** de la cuenca tienen comprometida su permanencia a medio y largo plazo.
- Situación de déficit hídrico búsqueda de nuevos recursos



AGUAS REGENERADAS

INTRODUCCIÓN

En la Región de Murcia, unos **105 hm³** de agua residual son tratados en las 95 plantas en servicio (ESAMUR, 2018).

Este volumen supone:

- **13.8%** de los recursos renovables de la Cuenca del Segura (761 hm³ al año, PHCS, 1998), si se incluye la dotación de agua trasvasada.

- **12%** del volumen de agua utilizado en el regadío murciano (880 Hm³/año) (CARM, 2007).

IMPORTANCIA DE LAS AGUAS REGENERADAS EN LA REGIÓN DE MURCIA

INTRODUCCIÓN

Situación de la Comunidad de Regantes Miraflores



- 967 socios
- superficie en regadío 1329 Ha (infraest. 1515 Ha)

Cultivo	% Superficie
peral	45
melocotonero	32
albaricoquero	12
olivo	5
ciruelo	3
vid	2
almendro	1

TIPO DE RECURSO	Volumen (Hm ³ /año)
Necesidades hídricas	7,76
Aguas subterráneas	3,85
EDAR Jumilla	1,50
Volumen total	5,35

Con este aprovechamiento de las aguas regeneradas de la depuradora de Jumilla, la C.R. Miraflores ha pasado de disponer de una dotación de 2.900 m³/ha y año a 4.000 m³/ha y año (+27,5%).

INTRODUCCIÓN



DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)



“Gestión y manejo de las aguas regeneradas procedentes de la EDAR de Jumilla en la comunidad de regantes Miraflores. Cursos de formación a sus comuneros sobre su reutilización agrícola”

OBJETIVOS

- 1. Realizar seguimiento periódico de las fuentes de agua utilizada para el riego, especialmente del agua regenerada, analizando y evaluando los diversos parámetros físico-químicos y microbiológicos.**
- 2. Control del sistema de riego que la CR Miraflores tiene instalado en base a sensores/actuadores que miden en continuo parámetros de calidad, como pH, turbidez, CE, etc., así como de manera indirecta relacionarlos con la carga microbiológica en los distintos puntos seleccionados.**
- 3. Formar a los comuneros de la CR Miraflores sobre el manejo óptimo de las aguas regeneradas.**

INTRODUCCIÓN



DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)



“Gestión y manejo de las aguas regeneradas procedentes de la EDAR de Jumilla en la comunidad de regantes Miraflores. Cursos de formación a sus comuneros sobre su reutilización agrícola”

OBJETIVOS

4. Evaluar los efectos de utilización de las aguas regeneradas sobre la fisiología de los cultivos y el suelo, y prevenir posibles efectos fitotóxicos en los cultivos producidos por el agua de riego, así como posibles ahorros en la aplicación de fertilizantes.

5. Preparación de un documento informativo/divulgativo dirigido hacia los agricultores de la CR.

A grayscale photograph of a laboratory workstation. On the left, an open grey carrying case contains a portable water quality analyzer with various probes and cables. In the center, a digital scale with a glass dome and a pH/conductivity meter are visible. On the right, a white electronic scale with a keypad and display sits on the counter. A white plastic jug is in the background. The scene is set against a white wall with electrical outlets and a sink.

**2. CONTROL Y MANEJO DEL AGUA
REGENERADA EN UNA COMUNIDAD
DE REGANTES**

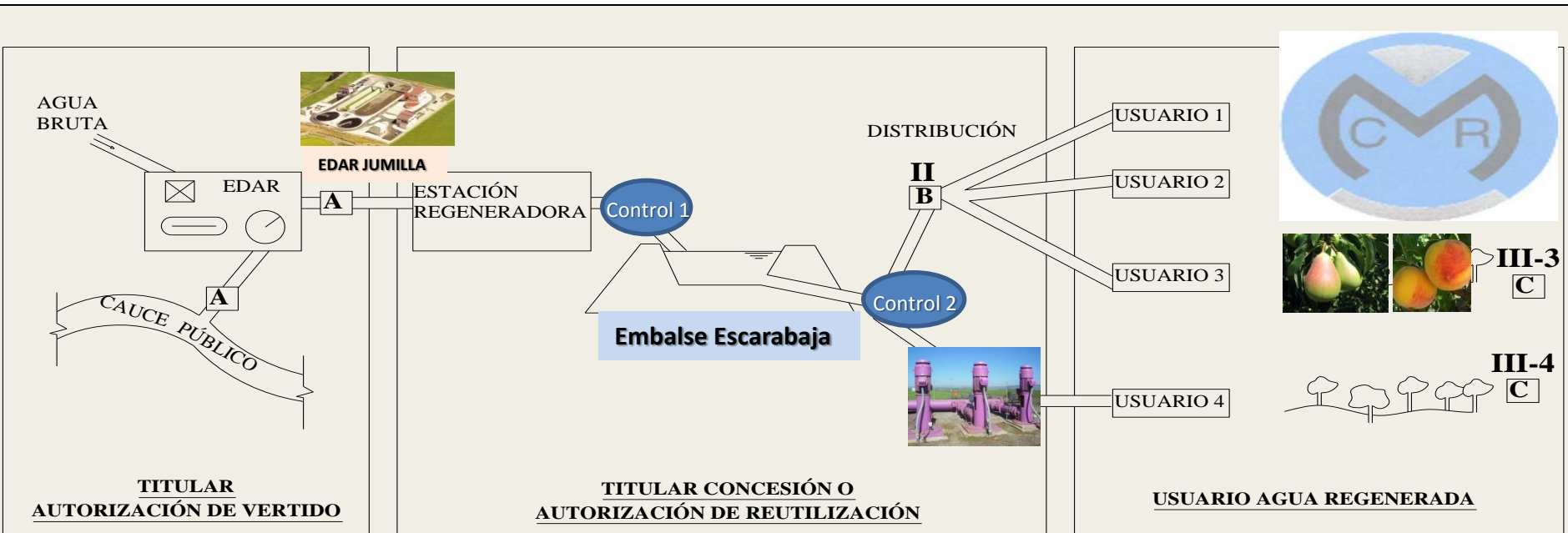
PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)

2 PUNTOS DE CONTROL para las analíticas del agua:

Control 1: Entronque EDAR

Control 2: En la salida del agua del embalse de Escarabaja



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

Control 1

DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)

CONTROL 1: Entronque EDAR - CR Miraflores

PASO 1- TOMA DE MUESTRA DE AGUA

Está en el periodo de riego de Miraflores

Caudal superior a 100 m³/h

SI

NO

PASO 2 - ANÁLISIS

pH, CE, Turbidez

Cada hora: Válvula abre 5 min y se realiza la medida en continuo durante este tiempo.

NO supera los límites establecidos **conformidad**

SI supera los límites establecidos **No conformidad**

Embalse Escarabaja

1. Cierre válvula 400mm
2. 20min-Paso 1
3. 20 min-Paso 1

conformidad

No conformidad

No conformidad



Medida manual parámetros

NO supera límites
SI supera límites

Escarabaja

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR

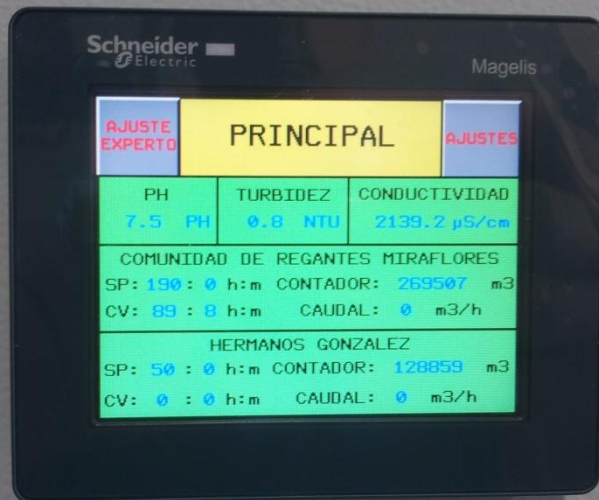


PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

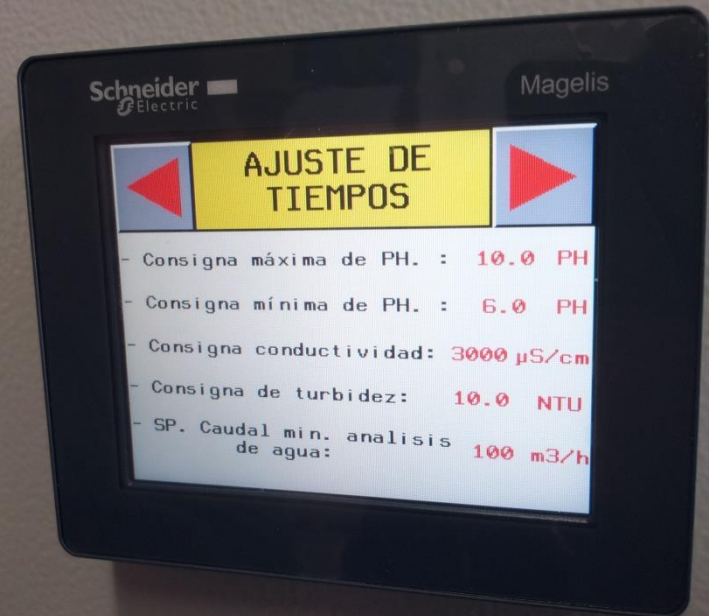
DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR

PARÁMETROS



CONSIGNAS



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR

SISTEMA DE ALARMA Y CORTE DE PASO DEL AGUA EDAR



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR.

SONDAS pH y CE



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR.

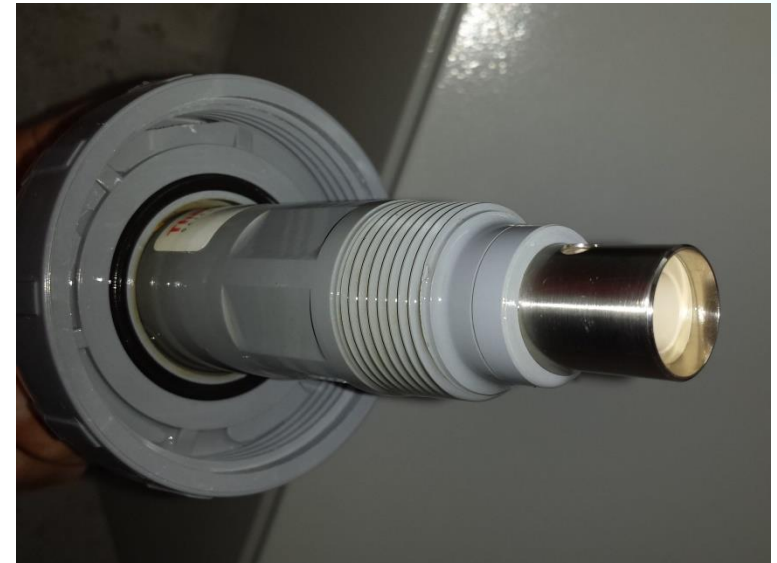
Lecturas pH y CE



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR.

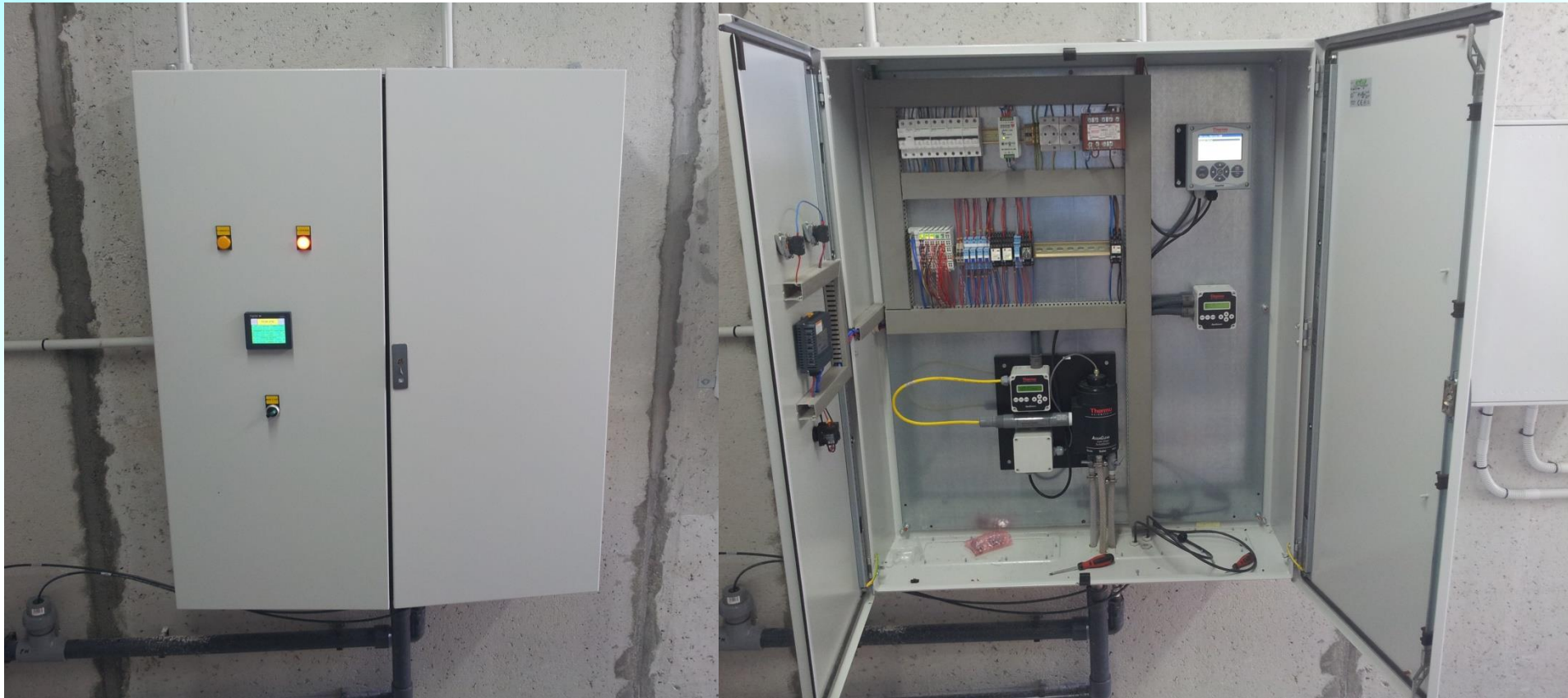
SONDA TURBIDEZ



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 1: ENTRONQUE EDAR

CUADRO DE LOS EQUIPOS

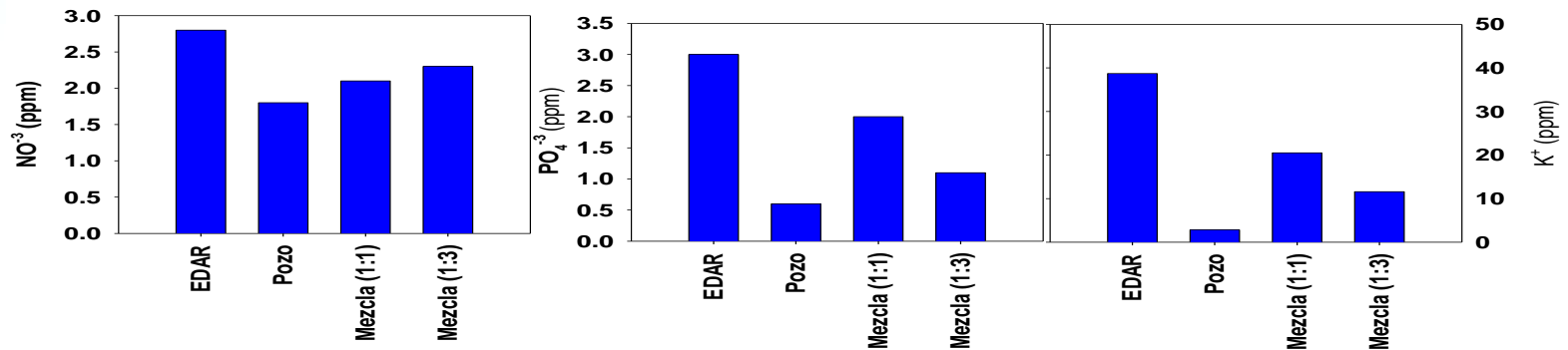


PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

DEPARTAMENTO DE RIEGO (CEBAS)

CONTROL 2: EMBALSE DE ESCARABAJA

- **Medida** diaria de Nutrientes (Nitratos, fosfatos, potasio). Además de CE, turbidez y pH
- **Plataforma WEB** (recogida e interpretación de los datos)



- **Transferencia de información a los comuneros**



PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

CONTROL 2: EMBALSE DE ESCARABAJA

CUADRO DE LOS EQUIPOS



AJUSTE EXPERTO	PRINCIPAL	AJUSTES
PH	7.5 PH	CONDUCTIVIDAD 1137.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$
TURBIDEZ	0.6 NTU	FOSFATOS 1.1 ppm
AMONIO	1.2 ppm	POTASIO 9.4 ppm
NITRATO	0.3 ppm	CLORUROS 0.0 ppm

PUNTOS DE CONTROL E INSTALACIÓN DE EQUIPOS

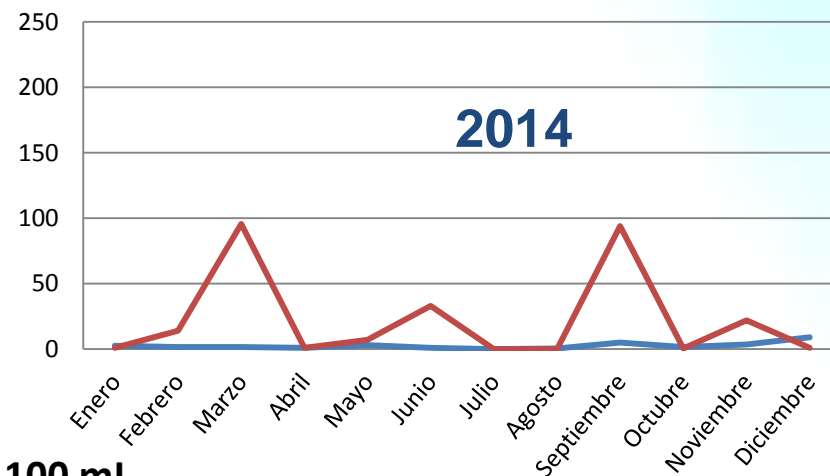
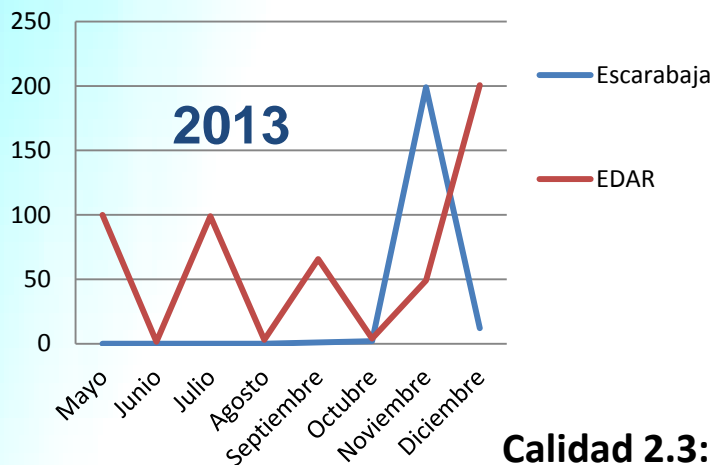
CONTROL 2: EMBALSE DE ESCARABAJA



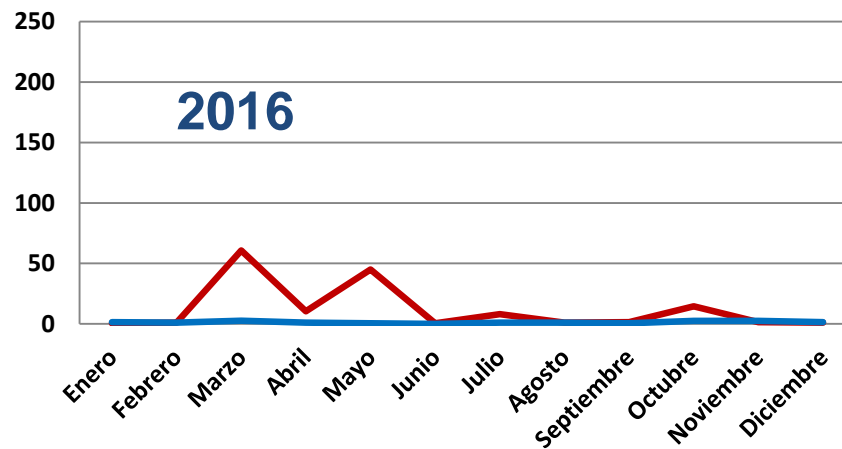
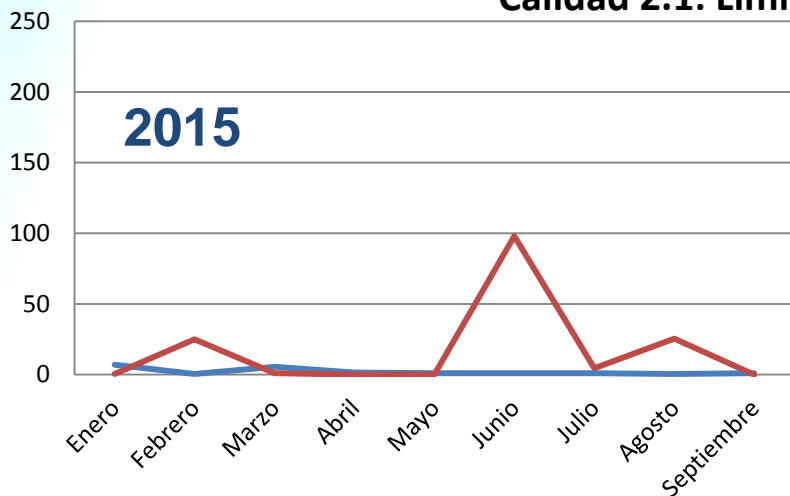
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

E.Coli (UFC/100 mL)



Calidad 2.3: 10.000 UFC / 100 mL
Calidad 2.1: Límite = 100 UFC / 100 mL

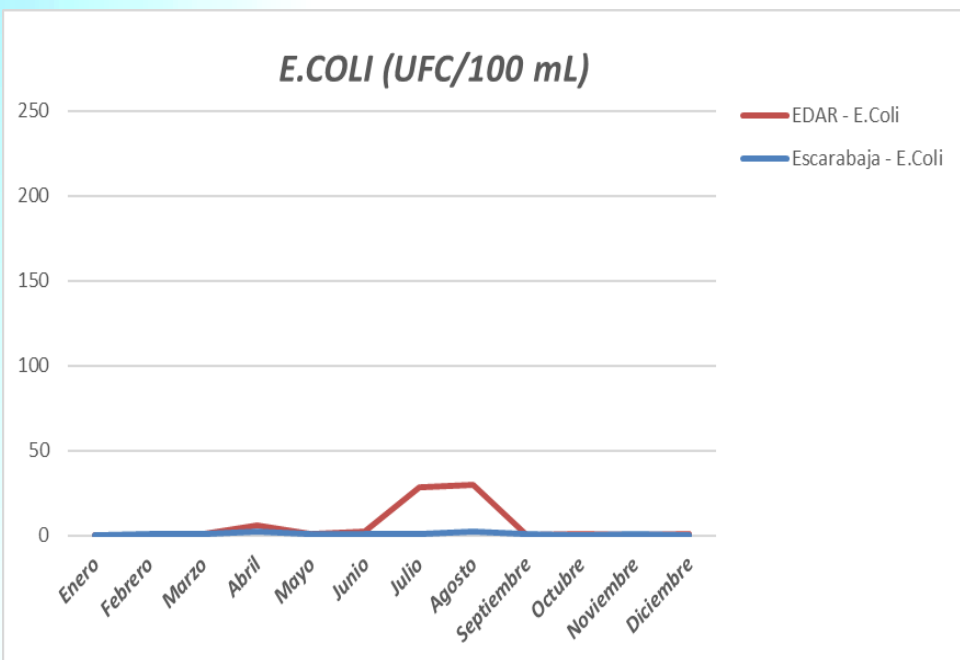


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

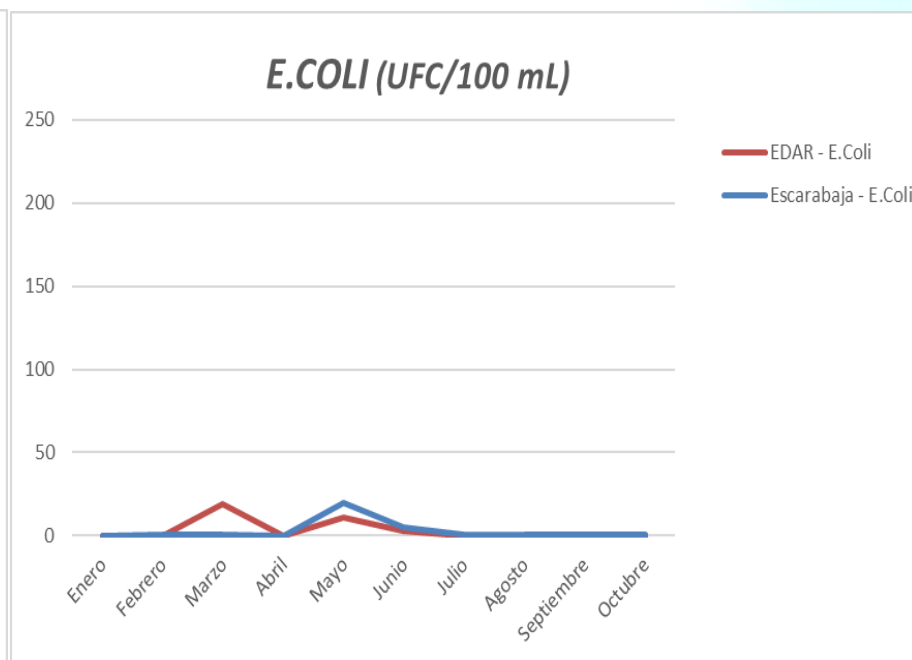
PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

E.Coli (UFC/100 mL)

2017



2018



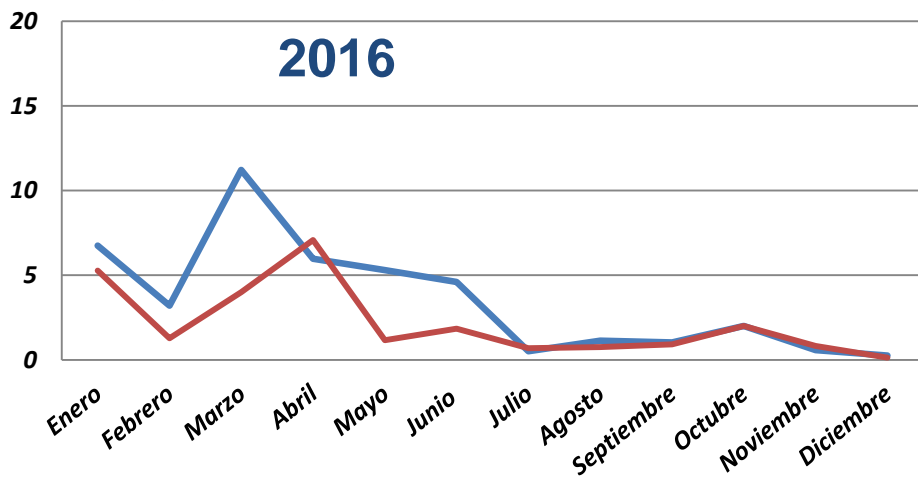
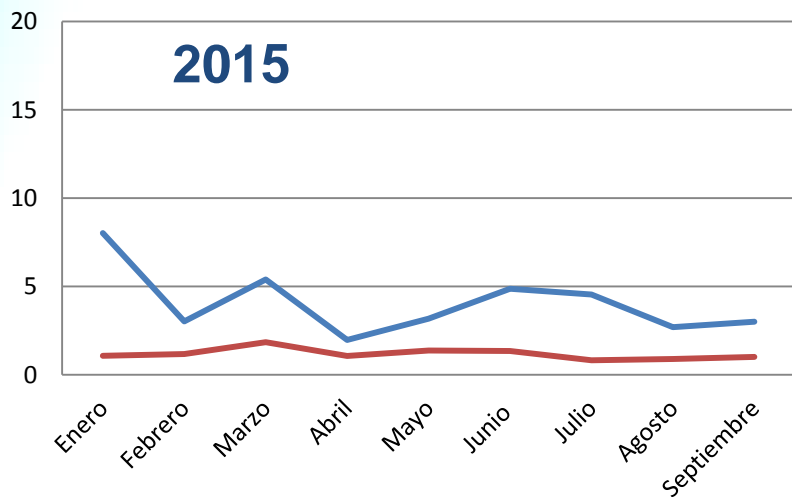
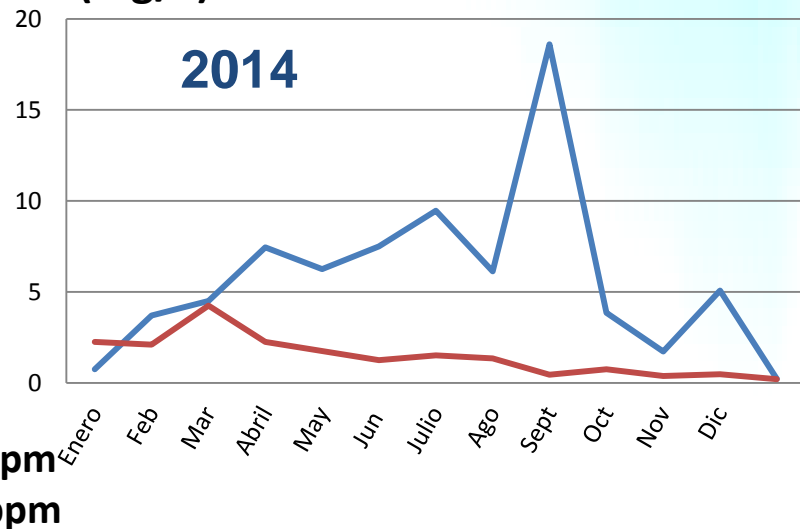
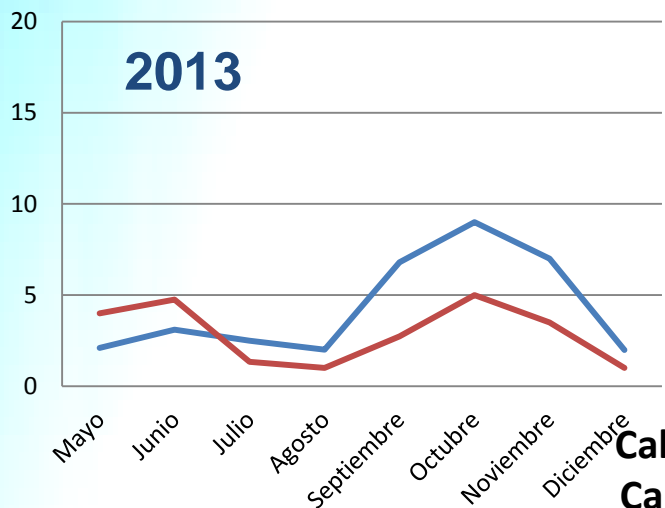
Calidad 2.3: 10.000 UFC / 100 mL
Calidad 2.1: Límite = 100 UFC / 100 mL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

CALIDAD 2.3.

Sólidos en suspensión (mg/L)



Calidad 2.3: Límite = 35 ppm
Calidad 2.1: Límite = 20 ppm

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

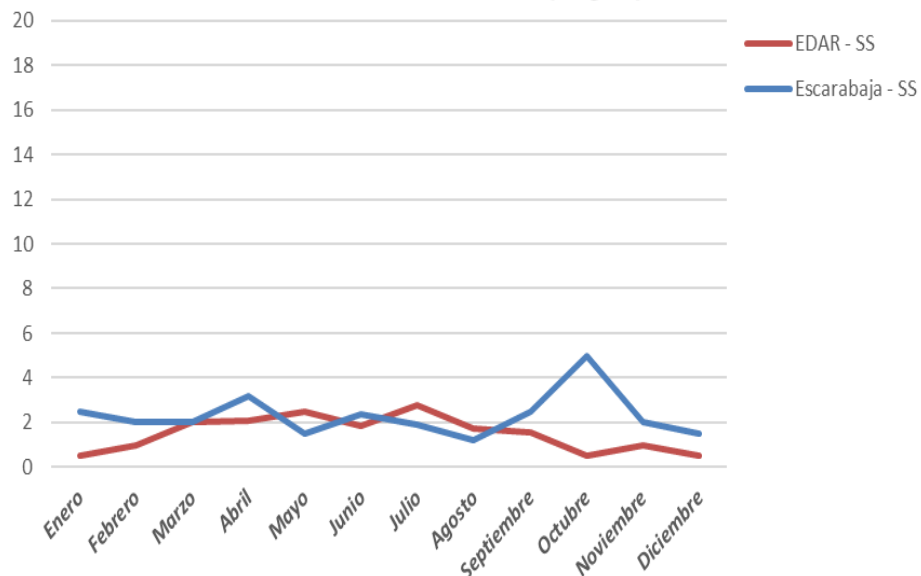
CALIDAD 2.3.

Sólidos en suspensión (mg/L)

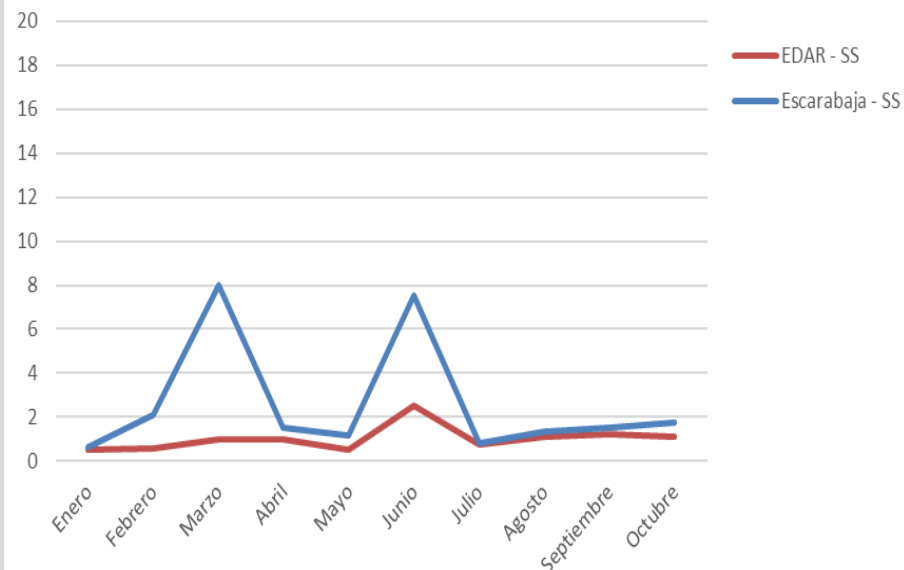
2017

2018

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/L)



SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/L)



Calidad 2.3: Límite = 35 ppm

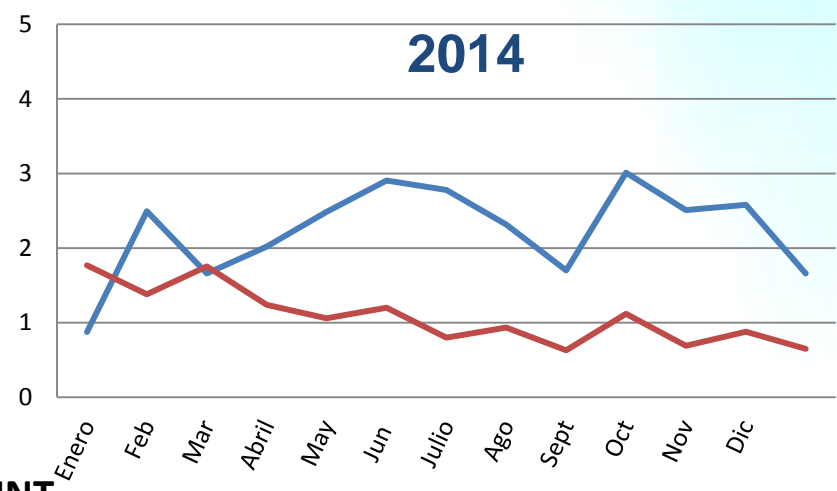
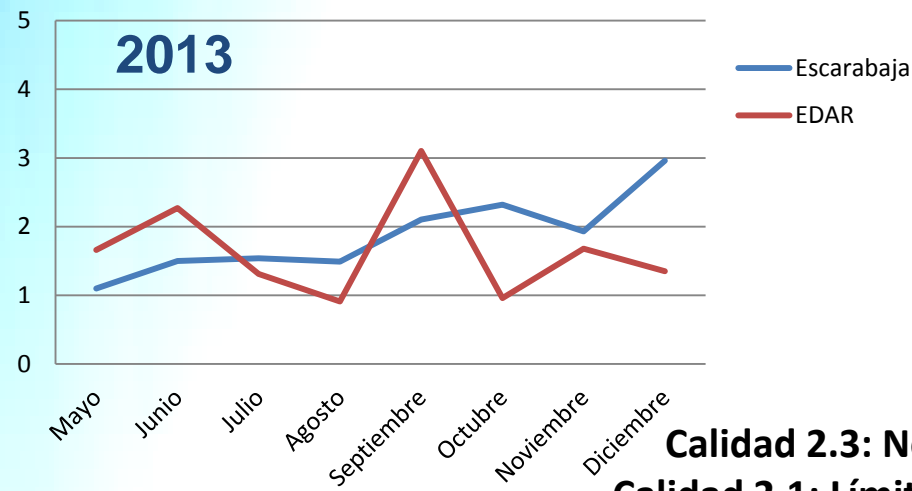
Calidad 2.1: Límite = 20 ppm

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

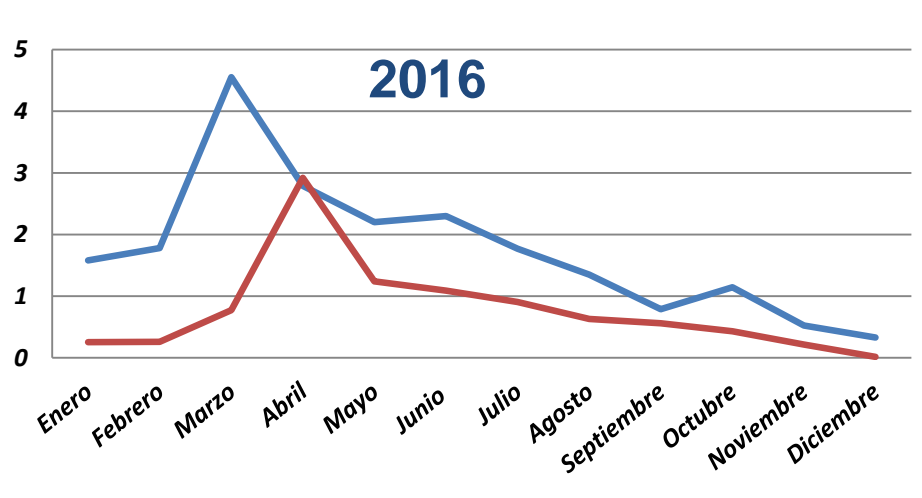
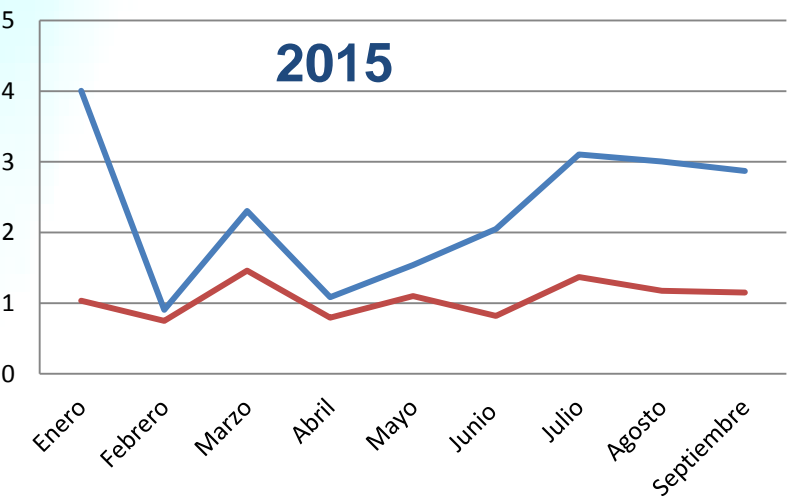
PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

CALIDAD 2.1.

Turbidez (UNT)



Calidad 2.3: No se fija
Calidad 2.1: Límite = 10 UNT



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

PARÁMETROS SEGÚN RD 1620/2007

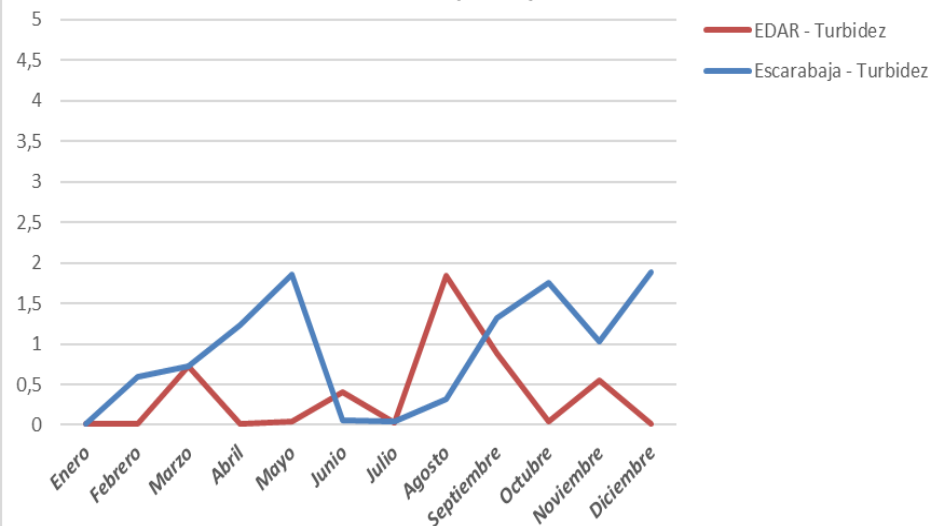
CALIDAD 2.1.

Turbidez (UNT)

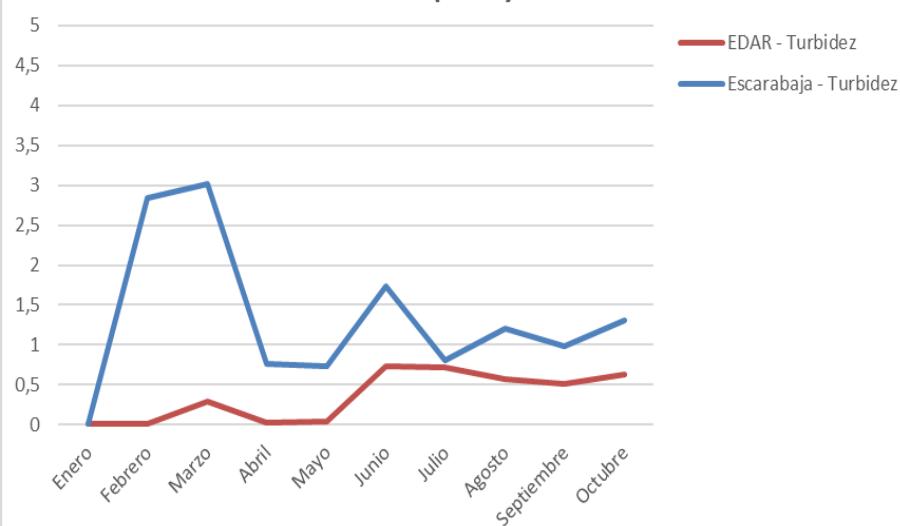
2017

2018

TURBIDEZ (UNT)



TURBIDEZ (UNT)

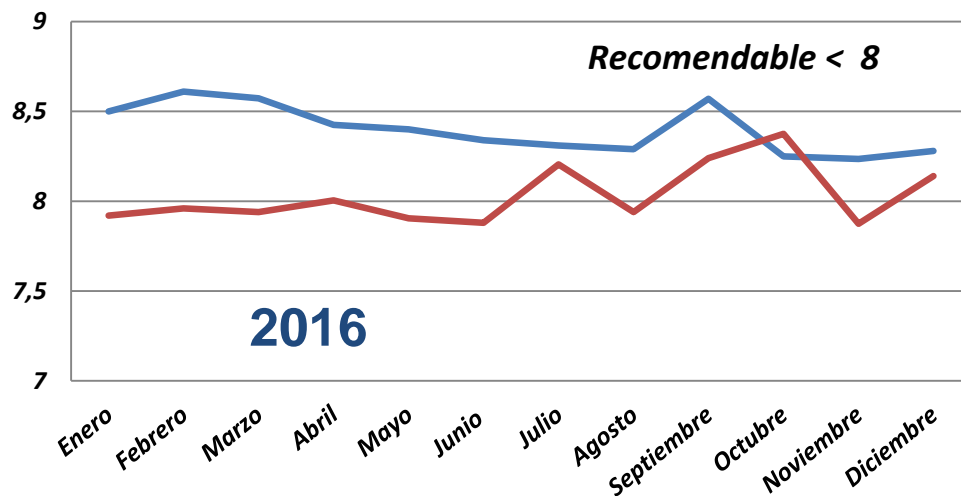
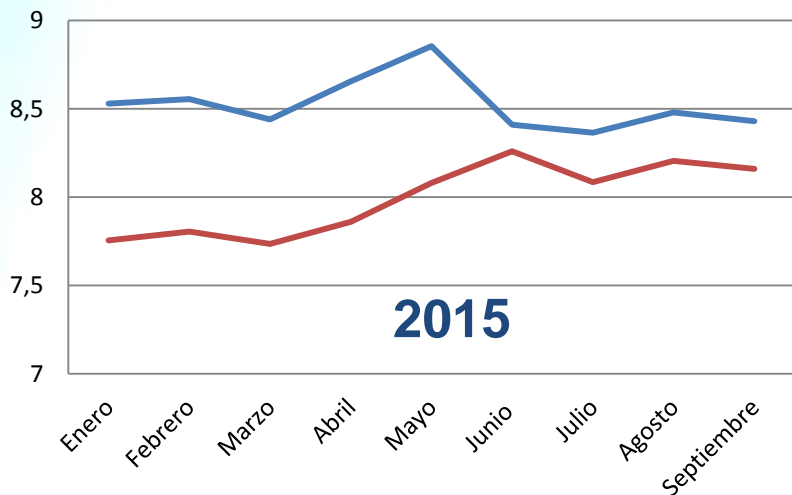
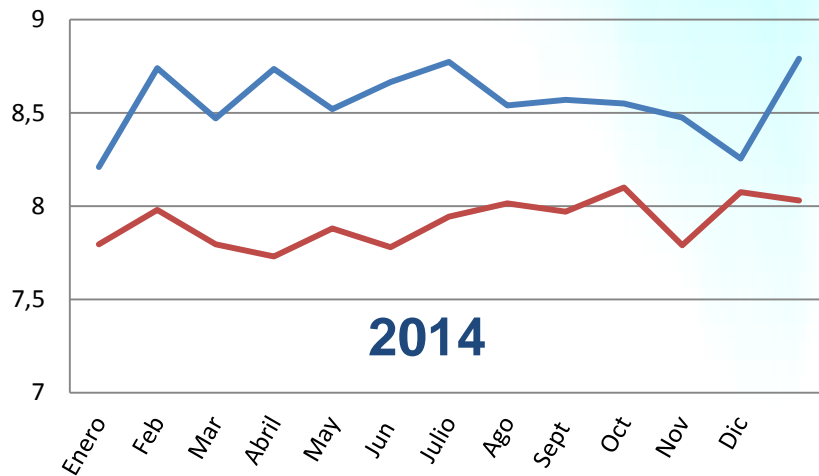
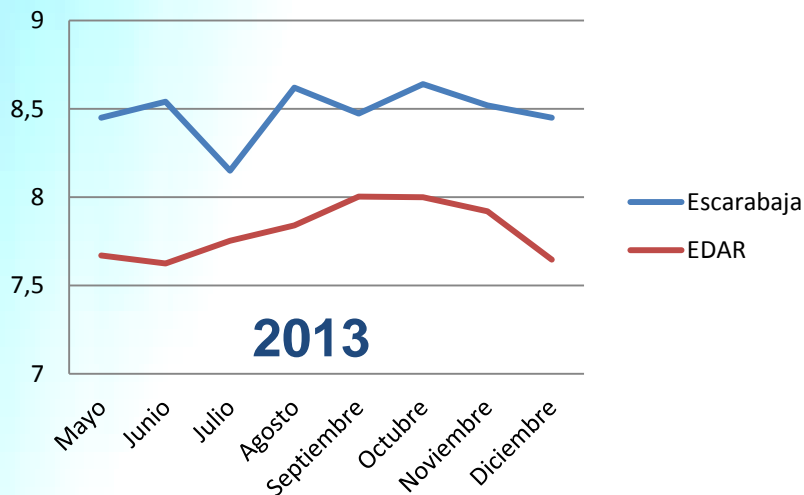


Calidad 2.3: No se fija
Calidad 2.1: Límite = 10 UNT

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS AGRÍCOLA

pH

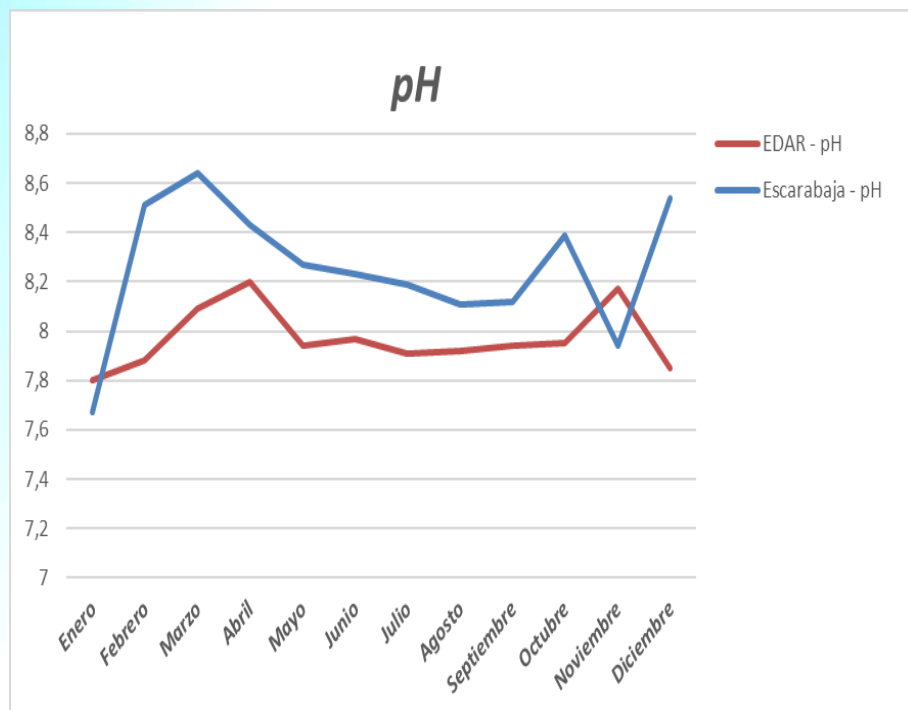


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

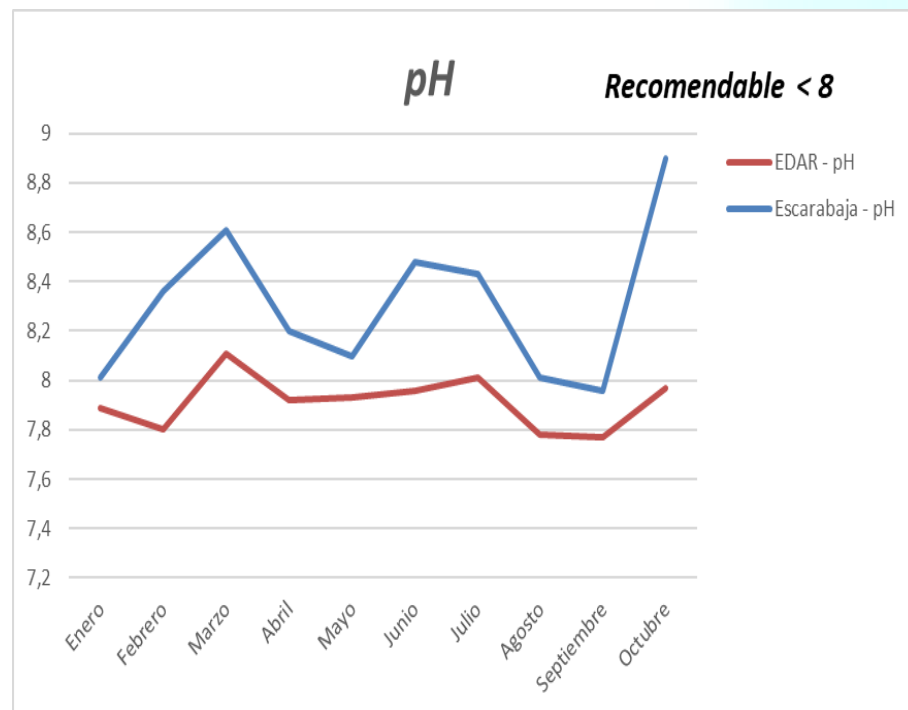
OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS AGRÍCOLA

pH

2017



2018

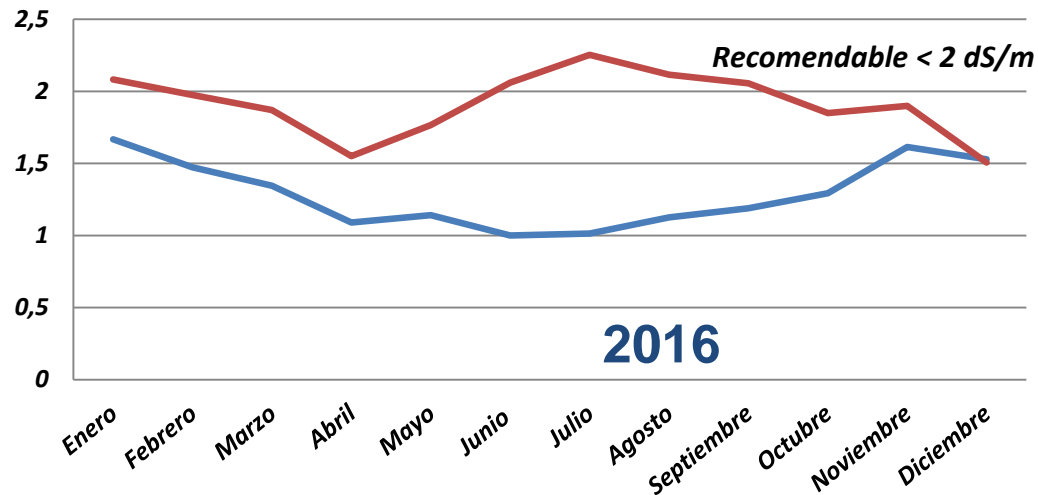
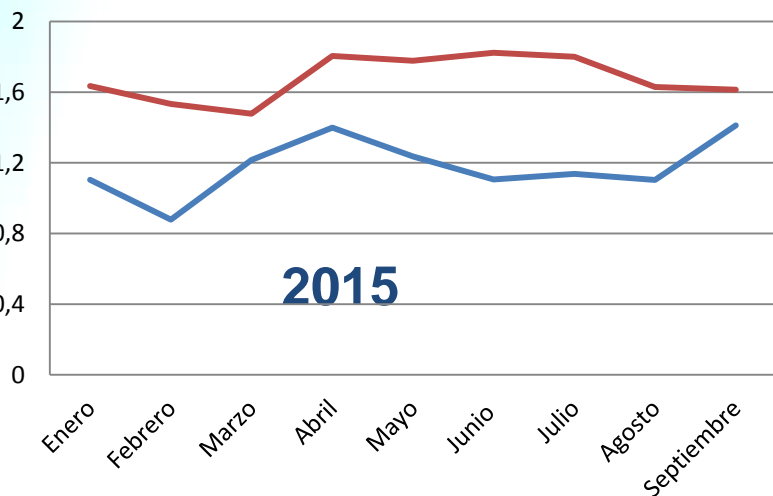
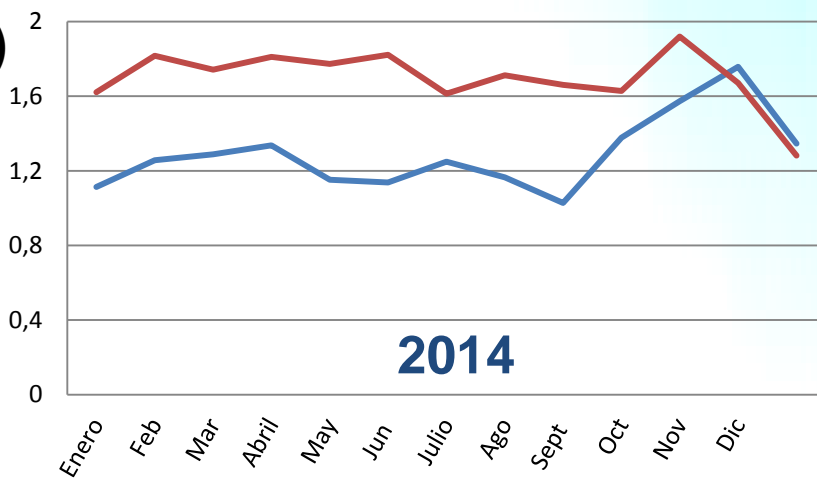
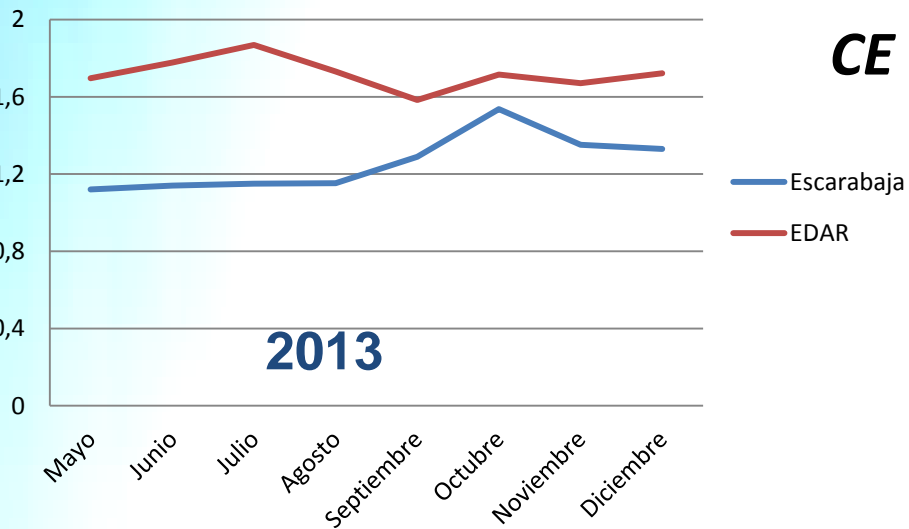


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS AGRÍCOLA

SALINIDAD

CE (dS/m)



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

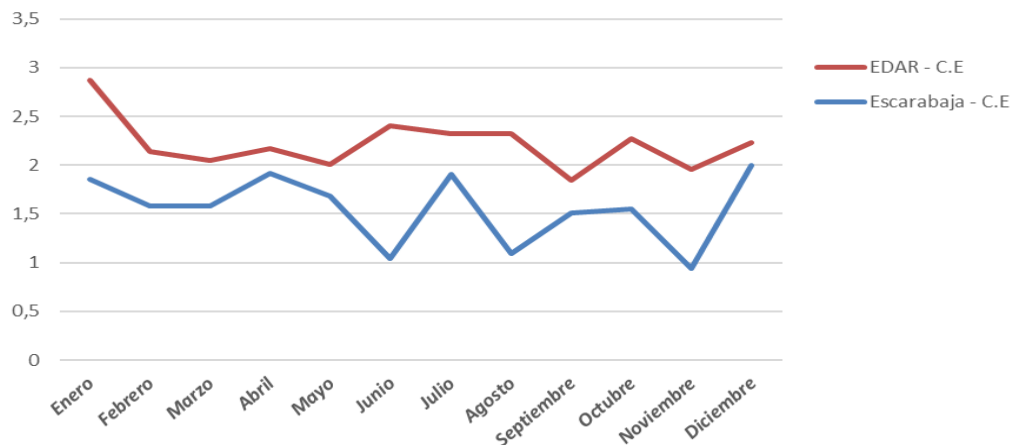
OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS AGRÍCOLA

SALINIDAD

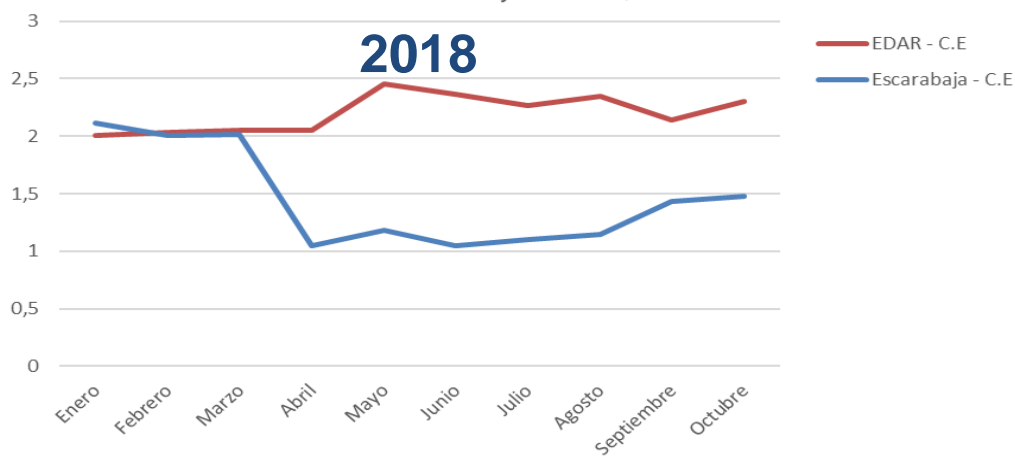
CE (dS/m)

2017

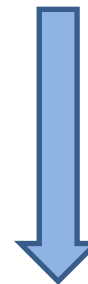
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Recomendable < 2 dS/m



2018



93% CE > 2 dS m⁻¹
37% CE > 3 dS m⁻¹



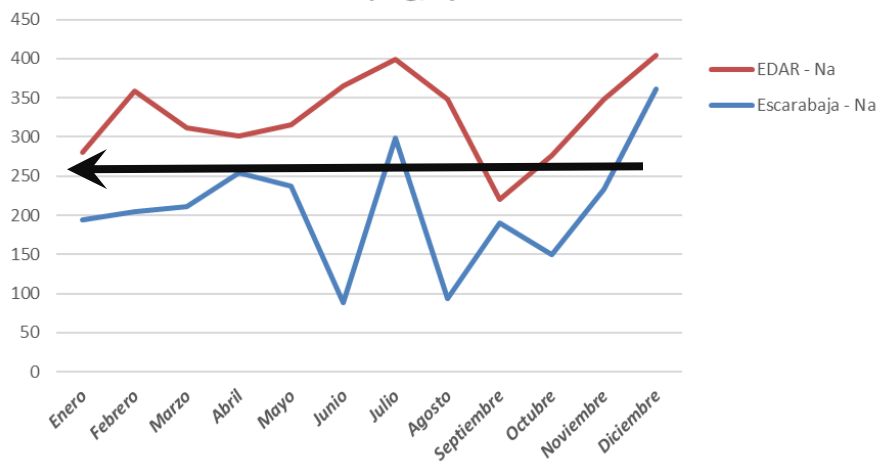
**EDAR Jumilla de
1.8 a 2.3 dS m⁻¹**

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

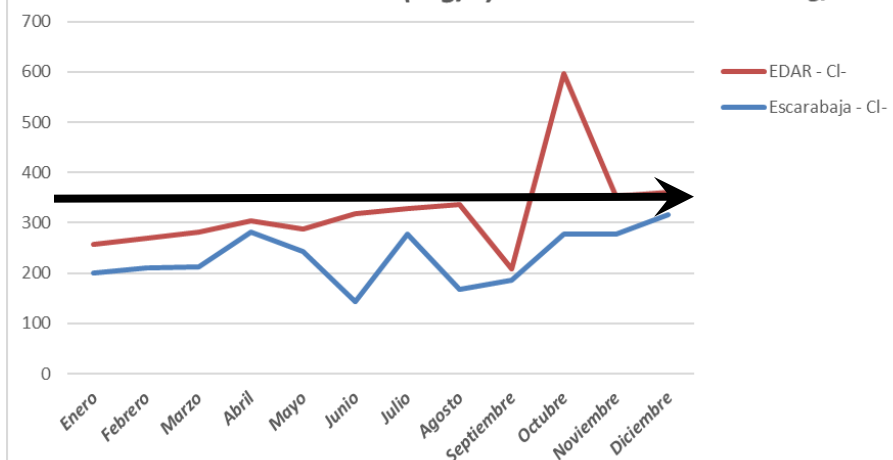
2017

SALINIDAD

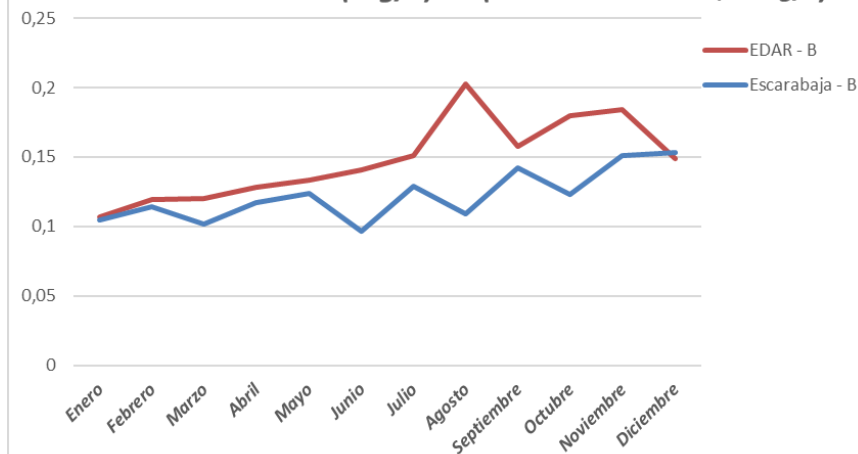
SODIO (mg/L) Recomendable < 250 mg/L



CLORUROS (mg/L) Recomendable < 350 mg/L



BORO (mg/L) (Recomendable < 0,5 mg/L)

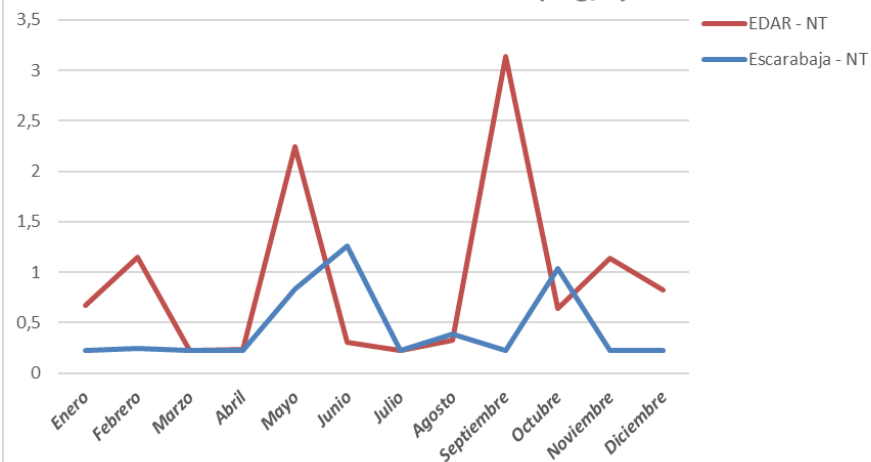


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

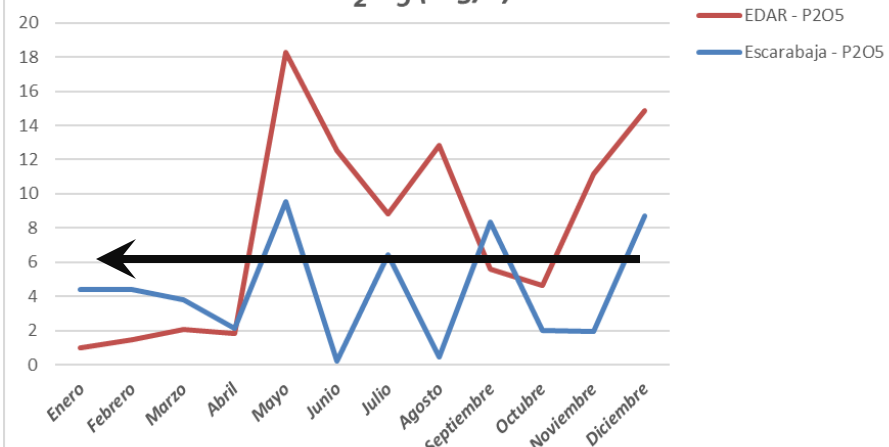
2017

NUTRIENTES

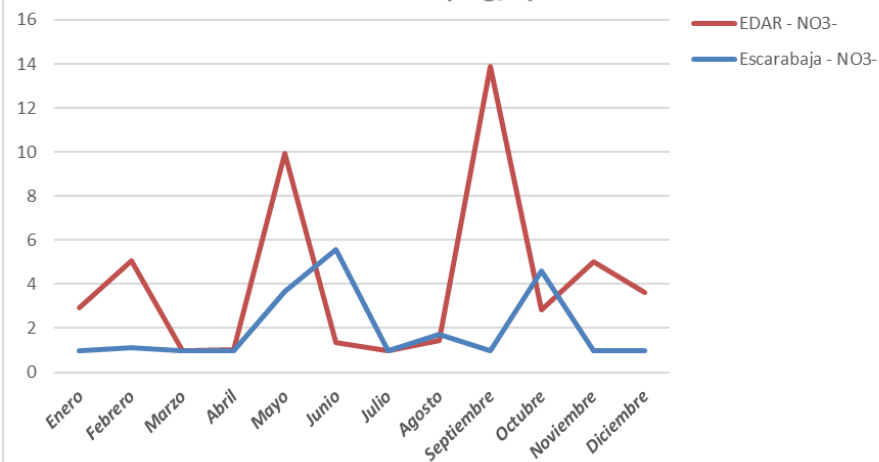
NITRÓGENO TOTAL (mg/L)



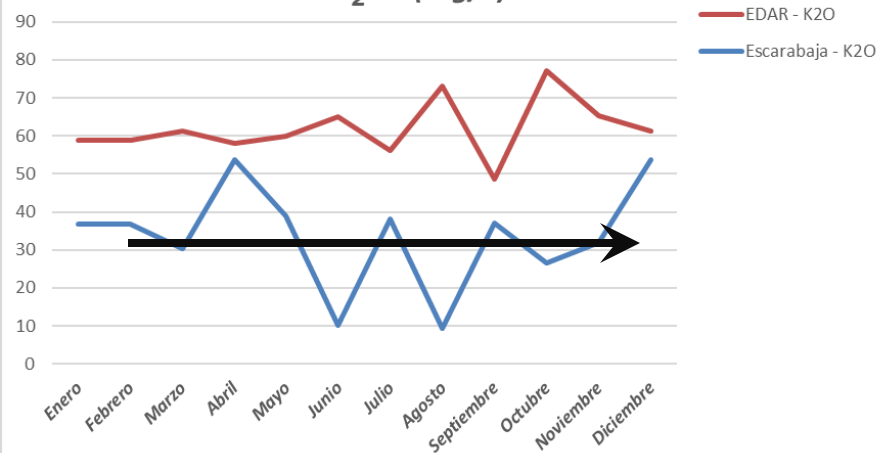
P₂O₅ (mg/L)



NITRATOS (mg/L)



K₂O (mg/L)





RECOMENDACIONES DE FERTIRRIEGO

Comunidad de Regantes Miraflores

Comunidad de Regantes Nitratos generadores

Inicio

- Información
- Foros
- Ver guía
- Eventos
- Videos
- Publicaciones

[Crear una página](#)

Comunidad de Regantes Miraflores ha añadido 12 fotos nuevas de fotos y vídeos a su álbum "ESTIEMPO 2014".

Análisis de calidad del agua en la Comunidad de Regantes en el estado de la Comunidad de Regantes.

COMUNIDAD DE REGANTES MIRAFLORES

ANALÍTICAS Y CALIDAD DEL AGUA

MANEJO AMBIENTAL, SEGUIMIENTO TECNOLÓGICO POR SALUDABLE, OPERACIONES Y P.M.

9+

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

AHORRO NUTRICIONAL POTENCIAL

Nitrógeno total (mg/L)

El N total se encontraba por debajo de 2 ppm en agua EDAR.

Si aplicamos 5000 m³/Ha, aplicaríamos unos **10 Kg/Ha**

Lo supondría un **3-4%** para el cultivo más demandante (melocotonero).

Con respecto al **agua de mezcla** únicamente cubriría un **1-2%** de sus requerimientos.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

AHORRO NUTRICIONAL POTENCIAL

Fósforo como P_2O_5 (mg/L)

El P_2O_5 se encuentra en unos 12 ppm en agua EDAR.

Esta concentración equivaldría a la aplicación directa de **60 Kg/Ha**, con 5000 m³/Ha.

Supondría un **50%** para el cultivo más demandante (melocotonero).

El **agua de mezcla** mantuvo unos valores medios de 6 ppm (30 Kg/Ha), lo que supondría un ahorro en P_2O_5 de cerca del **25%** de sus necesidades para el cultivo mas demandante y del **50%** en el menos exigente.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

AHORRO NUTRICIONAL POTENCIAL

Potasio como K_2O (mg/L)

K_2O se encuentra en unos 60 ppm en agua EDAR y 30 ppm en agua de mezcla.

Si aplicamos 5000 m³/Ha, aplicaríamos unos 300 Kg/Ha y 150 Kg/Ha, respectivamente.

Supondría un 150% para el cultivo más demandante (melocotonero) con aplicación directa y cerca de un 90% con el **agua de mezcla**.

Y más del 100% para un cultivo como el **albaricoquero o peral** con el **agua de mezcla**.



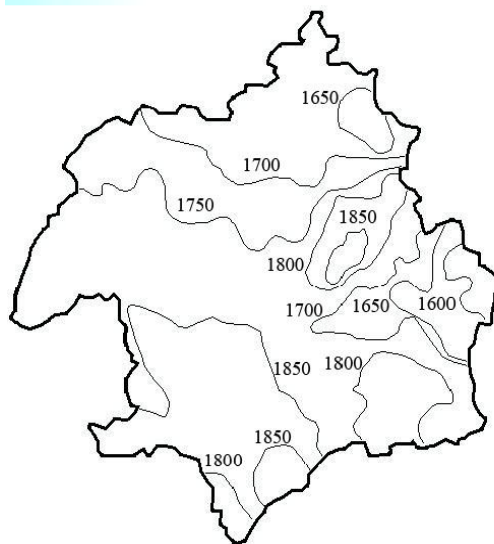
MANTENIMIENTO EMBALSES



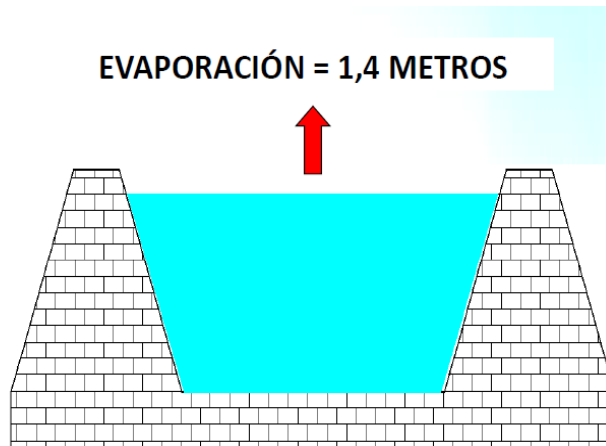
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

1. Pérdidas importantes de agua por evaporación.



Fuente: Martínez-Álvarez et al., 2008



BALSA DE 2000 M²
PÉRDIDAS DE AGUA = 2800 M³

$$2800 \text{ M}^3 \times 0,36\text{€/m}^3 = 1008 \text{ €}$$

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Aplicación de químicos.

Coberturas de sombreo.

Equipos de ultrasonidos.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Aplicación de químicos en embalse



15 / 3 / 2019



28 / 5 / 2019



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Aplicación de químicos en embalse

Permanganato Potásico (residuos cero)



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Coberturas de sombreado

- Coberturas flotantes.
- Coberturas suspendidas.
- Sustancias químicas - monolayers.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Coberturas de sombreado flotantes

Ventajas

- Reducción de la evaporación (hasta 95%).
- Estructura flotante.
- Limita crecimiento algas.
- Instalación sin vaciado de embalse.

- Encharcamientos.
- Crecimiento de vegetación.

Inconvenientes

- Separación de paños de la cobertura.
- Acumulación de suciedad.
- Altos costes de mantenimiento.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Coberturas de sombreo suspendidas

Ventajas

- Alta reducción de la evaporación (80%).
- Limita crecimiento de algas.
- Evita entrada de suciedad y objetos por viento.
- No necesitan adaptación a las fluctuaciones del nivel del agua
- No hay crecimiento de vegetación ni de encharcamiento (buena permeabilidad).

Inconvenientes

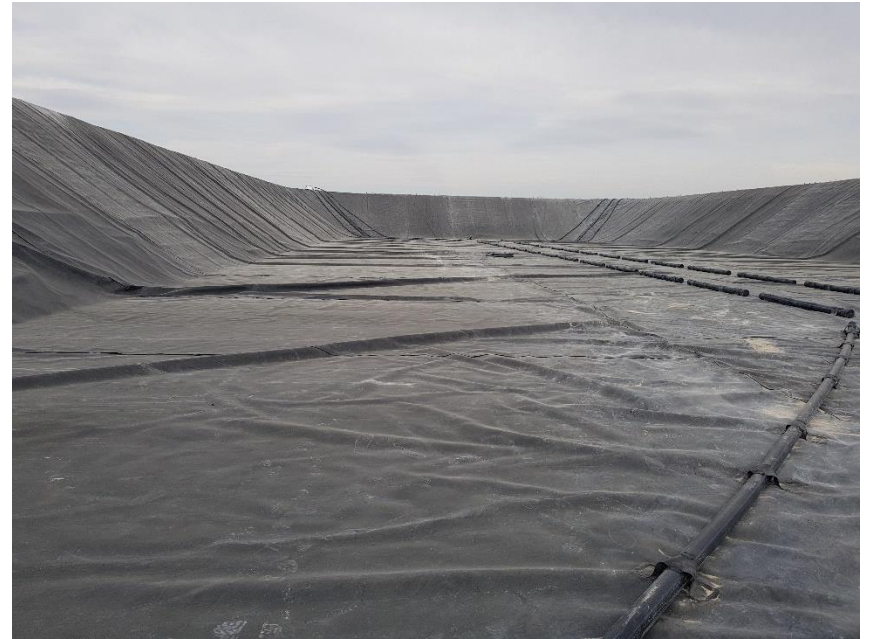
- Alto coste.
- Vaciado del embalse para instalación (en caso de columnas intermedias).

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Cobertura flotante de última generación



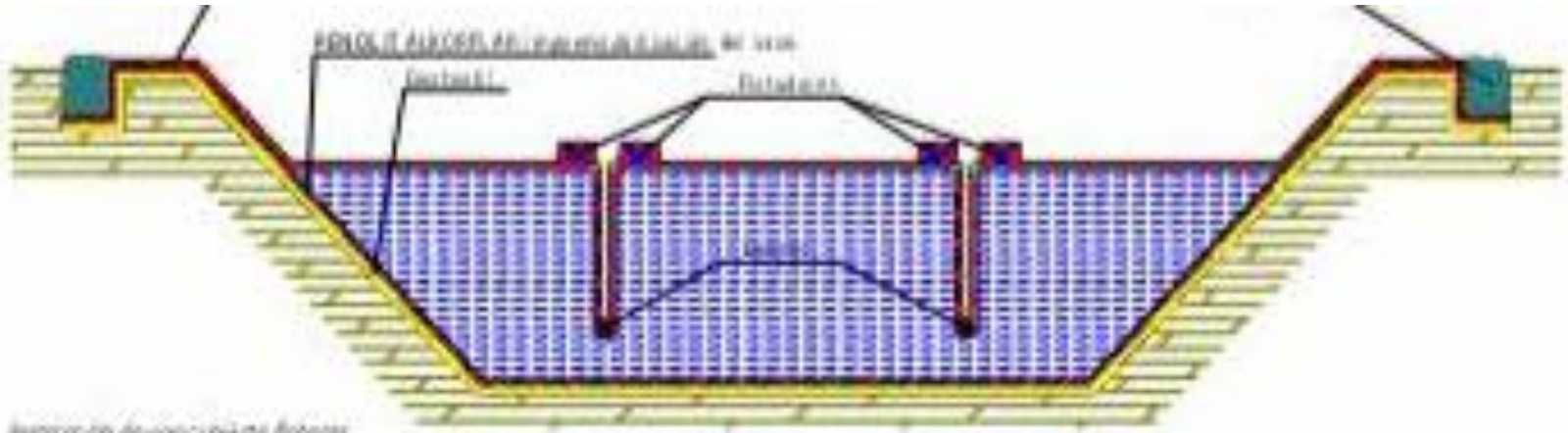
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Cobertura flotante de última generación

El sistema de cubrición de embalses mediante **Geosintético**: Lámina de polietileno de alta densidad, diseñada con un sistema de cubierta flotante que garantiza el funcionamiento de la cubierta.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Cobertura flotante de última generación



Cubierta de PE alta densidad (de 1 a 2 mm):

- Alta resistencia química y mecánica (vida útil de la geomembrana PEAD > 100 años).
- Sistema de flotación, para que la cubierta sea transitable en condiciones de seguridad.
- Sistema de evacuación de gases del interior del embalse.
- Para poder hacer un registro del estado del agua almacenada, las cubiertas son transitables y disponen de una **VENTANA** al interior del embalse, capaz de soportar hasta 400 kg de peso en su estructura flotante.
- Recirculación del agua pluvial, toda el agua recogida por la cubierta procedente de lluvia puede ser redireccionada al interior del embalse mediante un sistema de bombeo accionado por energía solar.
- La cubierta cuenta con un sistema anti-retorno para los aliviaderos de la balsa, de manera que se impida la entrada de aire y de elementos ajenos al embalse por el aliviadero.
- Coste muy competitivo frente a otros sistemas.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Cobertura flotante de última generación



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Cobertura flotante de última generación



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Sustancias químicas - monolayers

Ventajas

- Bajo coste relativo.
- Fácil aplicación.
- Posible en grandes embalses (>10 Ha).
- Sólo se aplica cuando es necesario (embalses vacíos durante un largo período).

- Bajas reducciones (5-30%).

Inconvenientes

- Arrastre por el viento.
- Interacción negativa con algas.
- Rápida degradación por rad. UV.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

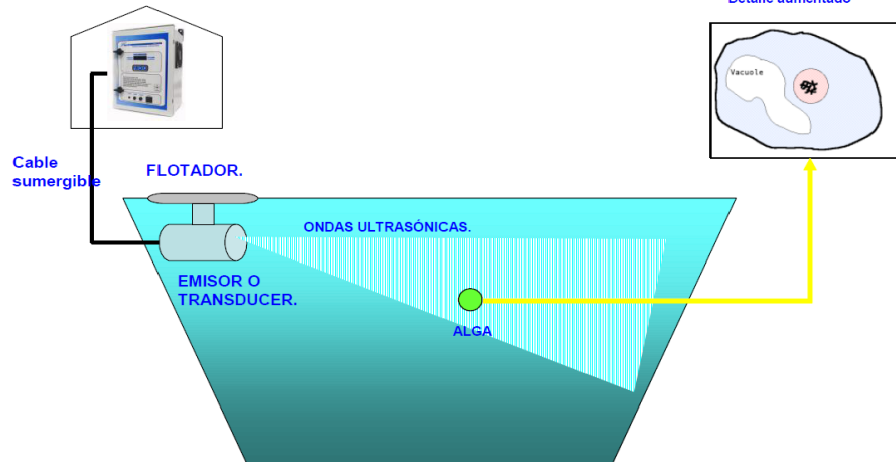
Equipos de ultrasonidos



CAJA ELECTRÓNICA

Colocar en un lugar protegido.

Y que tenga suministro eléctrico



Reducción de las algas mediante cavitación. Implosión del alga.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Equipos de ultrasonidos



Temperatura

CE

O. Disuelto

pH

Cl-a



Cationes

Aniones

Turbidez

S. Suspensión



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

Equipos de ultrasonidos



Balsa	Volumen Balsa (m ³)	Clorofila-a (mg/l)		Bio-volumen Algas en Balsa (m ³)	
		27-05	18-06	27-05	18-06
Escarabaja	230.000	72	89	17,7	24,6 (+39%)
Molar	450.000	54	44	22,5	16,7 (-26%)
Salinas	305.000	35	49	7,9	13,1 (+65%)

$$\text{Chl-a} = 4.036 * (\text{BV})^{0.66}$$

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

2. Crecimiento y desarrollo de micro y macroalgas en las balsas.

CONCLUSIONES DE LOS ULTRASONIDOS



- Incremento de algas significativo en todo el perfil en el embalse de Escarabaja.
- Posible efecto de los ultrasonidos en la eliminación de algas en los 2 primeros metros de agua en los embalses de Salinas y Molar.
- En el embalse de Salinas, incremento notable de las algas a partir de 2 m.
- En el embalse de Molar, reducción de las algas entre 4 y 6 m como consecuencia de la reducción del oxígeno disuelto.
- Para el caso concreto de la CR Miraflores, para una superficie regada de 1.500 ha con una dotación de 5.000 m³/ha, se puede extrapolar una cantidad anual a filtrar de aproximadamente **467,5 m³ de algas (~467,5 toneladas)**.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

3. Requerimientos de filtrado y lavados de filtros significativos.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

INCOVENIENTES DEL ALMACENAMIENTO

3. Requerimientos de filtrado y lavados de filtros significativos.

Inyección de limpiador en el sistema de filtrado



Ác. Acético y peracético + Peróxido



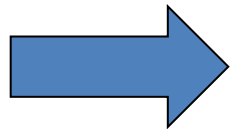
3. PARCELAS EXPERIMENTALES



Aguas regeneradas

Nuevo recurso hídrico

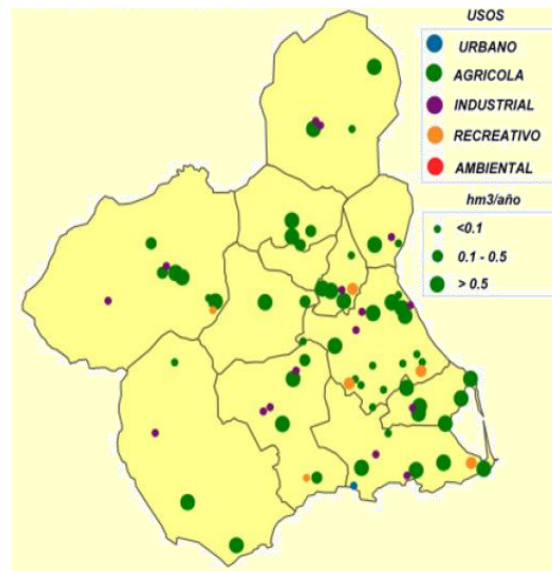
95 EDAR



105 Hm³/year

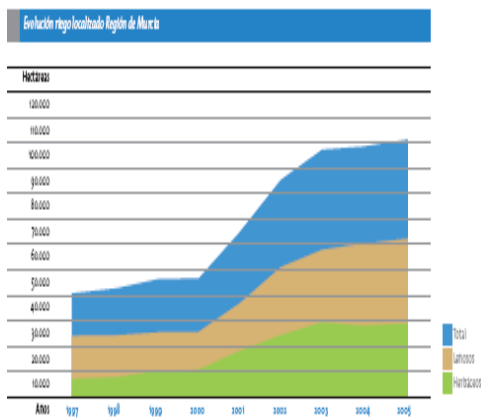
Alta salinidad > 2 dS m⁻¹

Nutrientes: N, P y K



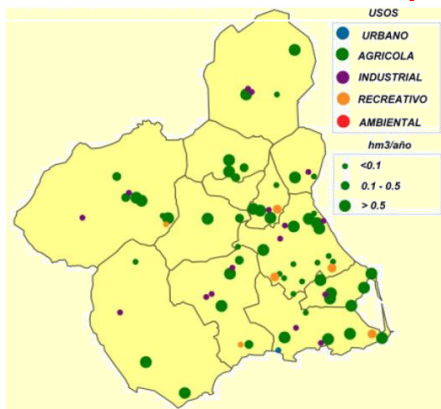
Modernización Regadíos

85-90 %



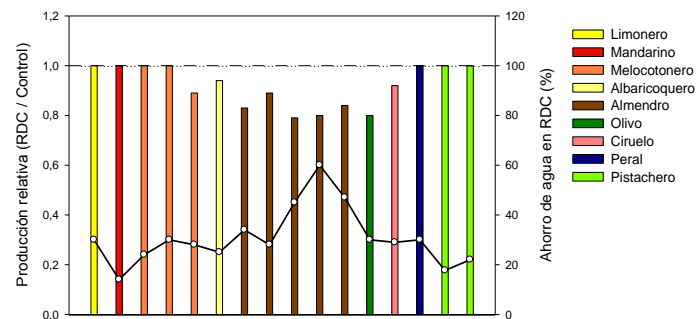
Reutilización

95 EDAR- 105 Hm³ / año



Riegos deficitarios

RDC



Acumulación de sales. ¿Es sostenible a medio-largo plazo?

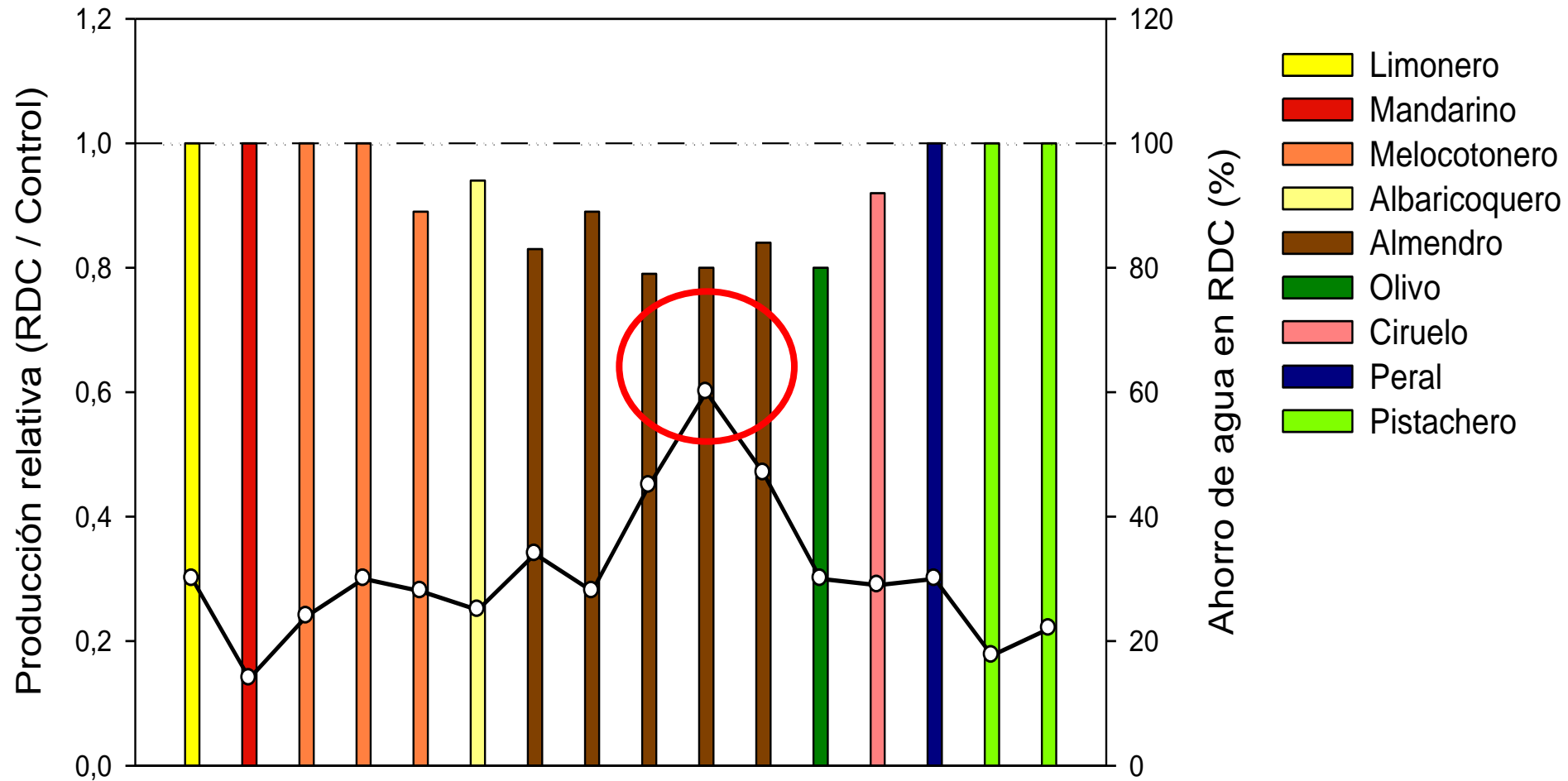
ORIGEN Y RESULTADOS

Años 80 Mitchell y Chalmers introducen el término RDC

Mejores resultados en cultivos leñosos (Jones, 2004)

25 años de RDC han demostrado que esta estrategia puede maximizar la producción por unidad de agua aplicada

ORIGEN Y RESULTADOS



ORIGEN Y RESULTADOS

Especie	Período críticos	Fuente
Cítricos	Floración a cuaje; fase de crecimiento rápido del fruto	Domingo et al., 1997
Olivo	Previo a floración y crecimiento final del fruto	Goldhamer (1997)
Manzano y peral	Cuajado y poco antes de la cosecha	Mitchell, et al., 1984
Melocotonero	Crecimiento rápido del fruto	Chalmers <i>et al.</i> , 1981, 1985
Albaricoquero	Crecimiento rápido del fruto	Torrecillas et al., 2000
Almendro	Crecimiento del fruto y desarrollo de la semilla	Girona y Marsal 1995
Vid	Brotación-cuajado del fruto	

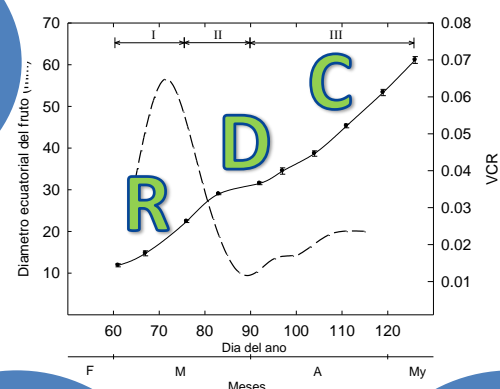
Requisitos para aplicar RDC



Respuesta del cultivo al déficit hídrico

Sistema de riego eficiente

Programación de riego con precisión



Fases fenológicas bien identificadas

Textura de suelo : franca a ligera



PARCELAS EXPERIMENTALES

Control del Riego

**Riego Precisión
(Contador +
electroválvula)**



**Riego Agricultor
(Contador)**



**Riego RDC
(Contador +
electroválvula)**

PARCELAS EXPERIMENTALES



Detalle Parcela experimental



Punto de Control de volúmenes de riego



Sistema de adquisición de datos y telecontrol del riego



Detalle de punto de control del crecimiento vegetativo



Labores de mantenimiento de la instalación



Punto de control del estado hídrico del suelo

PARCELAS EXPERIMENTALES

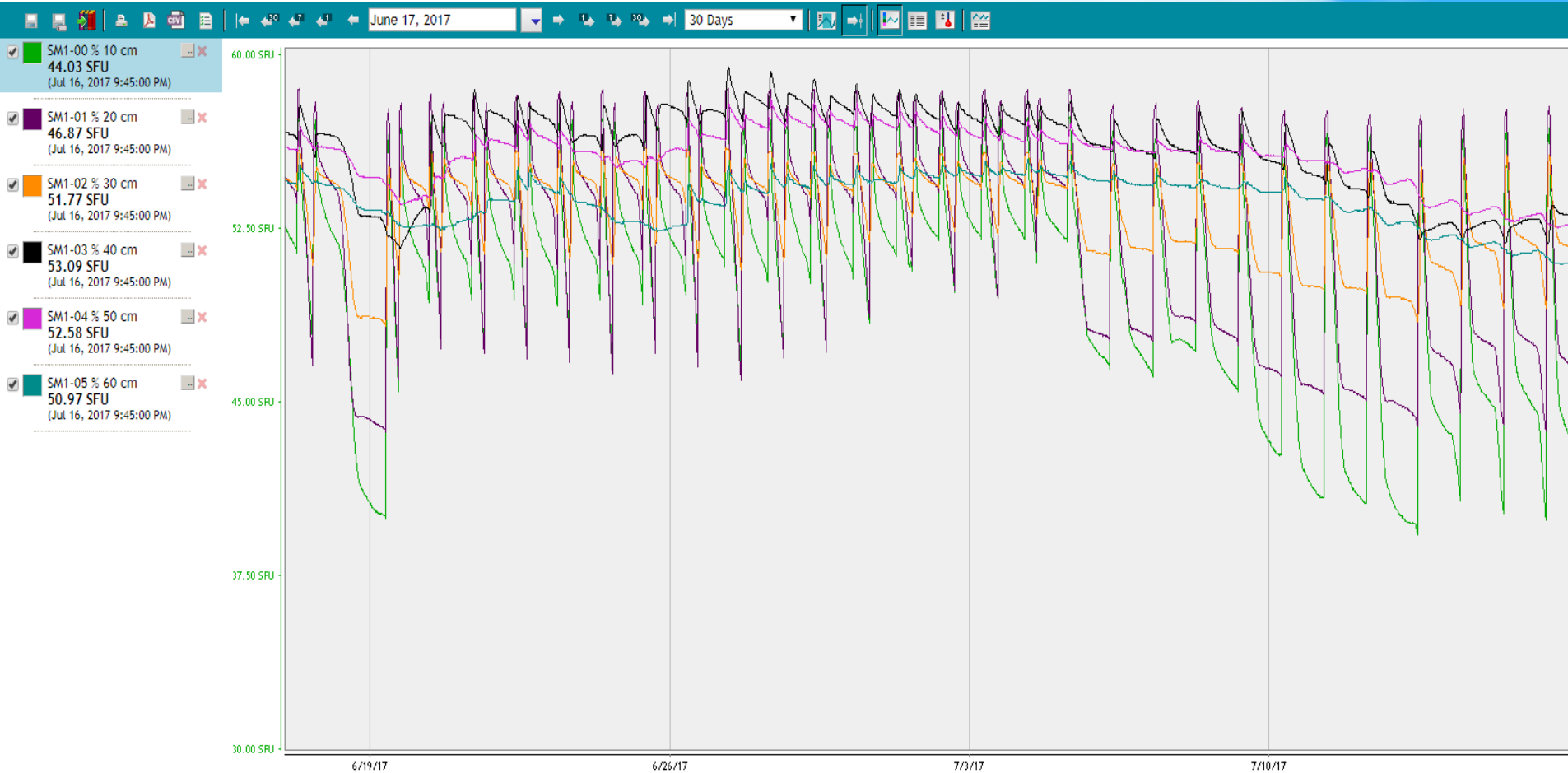
Control del contenido volumétrico de agua en el suelo

Trend /addVANTAGE Pro 6/Datos Jumilla/Graficos Sondas/Paraguayos La Cañada/RDC - 58725-S3 - Google Chrome

62.43.188.54:8082/secure/trend.do?panel=4476

ADCON TELEMETRY | **addVANTAGE Pro 6.4**
The next level of visualisation

Tools | Window | Help | Logout



PARCELAS EXPERIMENTALES

Control del contenido volumétrico de agua en el suelo

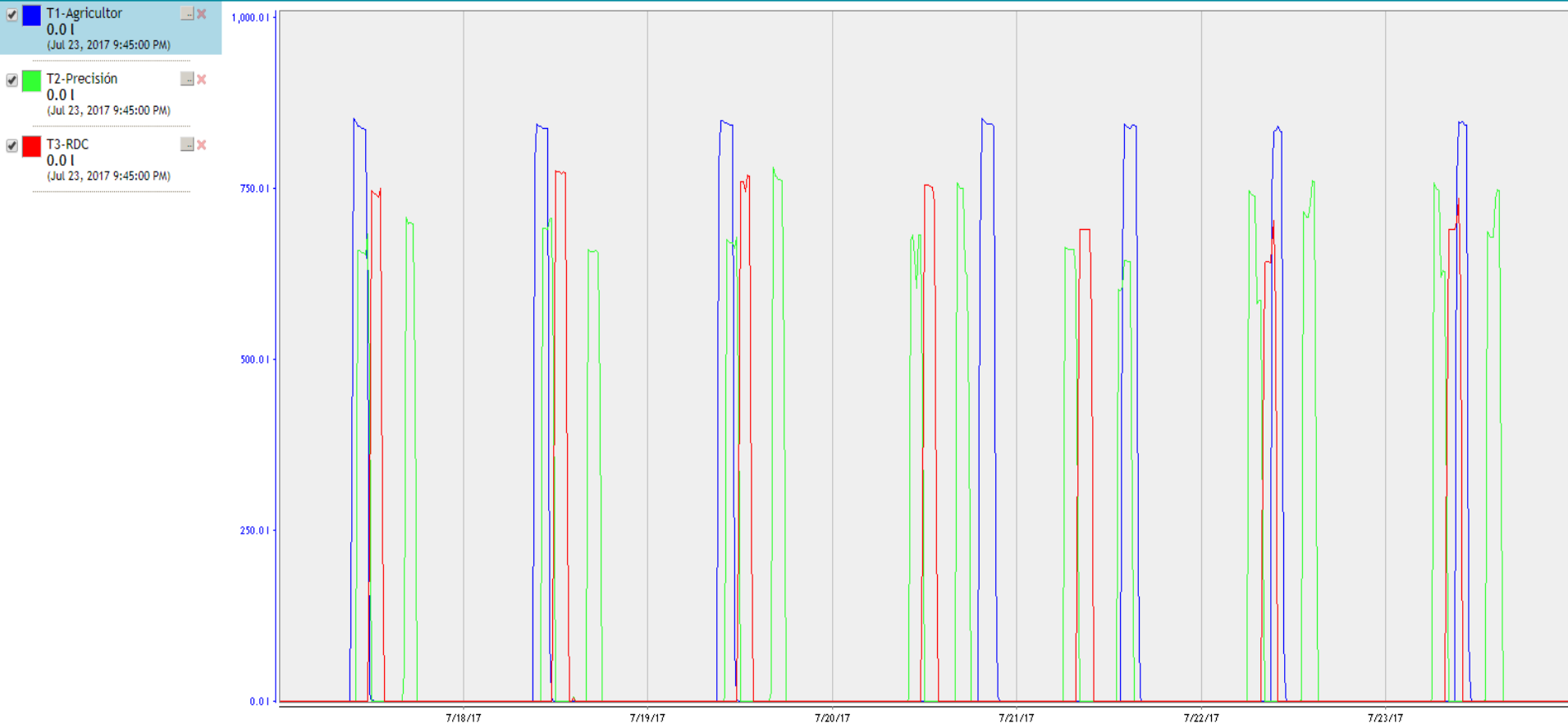
Trend /addVANTAGE Pro 6/Datos Jumilla/Contadores Jumilla /Cont_Paraguayos_Cañada - Google Chrome

62.43.188.54:8082/secure/trend.do?panel=4471

ADCON TELEMETRY | **addVANTAGE Pro 6.4**
The next level of visualisation

Tools | Window | Help | Logout

July 17, 2017 | 1 Week



RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

CULTIVOS y Kc

MELOCOTONERO Y PARAGUAYO

Mes	Kc (medios)	K _{RDC}	Observaciones
Febrero	-		Floración durante el mes de marzo
Marzo	0.3	1	
Abril	0.6	0.5	Inicio Fase II
Mayo	0.8	0.5	Fase II
Junio	0.90	1	
Julio	1	1	Recolección
Agosto	1	0.5	Postcosecha
Septiembre	0.95	0.5	
Octubre	0.75	0.5	
Noviembre	0.45		

ALBARICOQUERO

Mes	Kc (medios)	K _{RDC}	Observaciones
Febrero	-		Floración durante el mes de marzo
Marzo	0.5	0.4	
Abril	0.7	0.6	Inicio Fase II
Mayo	0.85	1	
Junio	0.90	1	Recolección 1º junio
Julio	0.90	1	
Agosto	0.90	0.5	Inicio Postcosecha Final
Septiembre	0.80	0.25	
Octubre	0.75	0.25	
Noviembre	0.65		

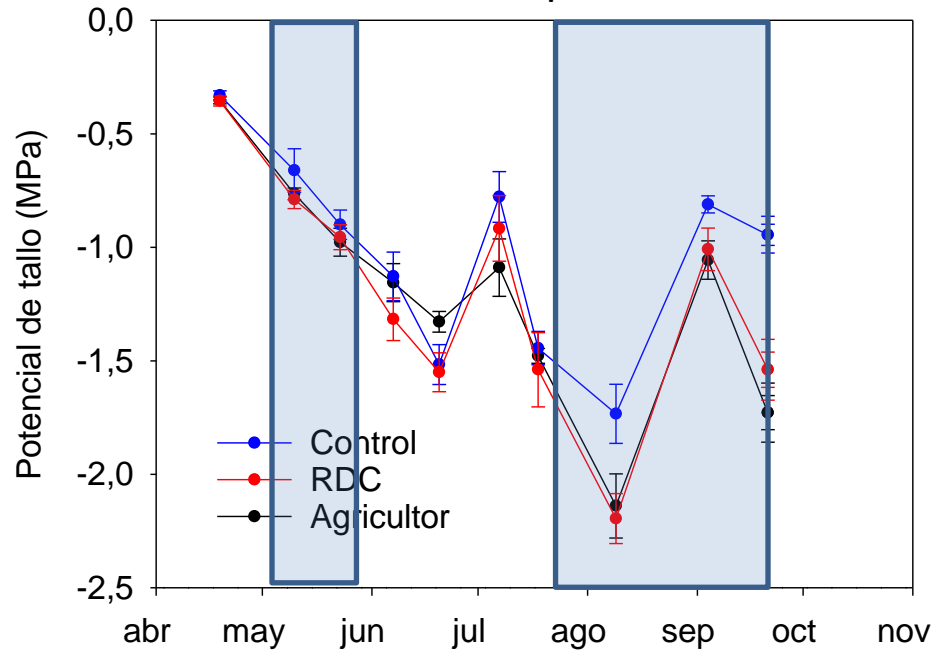
PERAL

Mes	Kc (medios)	K _{RDC}	Observaciones
Febrero	-		
Marzo	0.2	1	
Abril	0.45	1	
Mayo	0.8	1	
Junio	0.90	1	
Julio	0.94	1	Recolección
Agosto	0.90	0.5	Postcosecha
Septiembre	0.60	0.5	
Octubre	0.40	1	
Noviembre	0.35	1	

PARCELAS EXPERIMENTALES

Seguimiento del estado hídrico de la planta

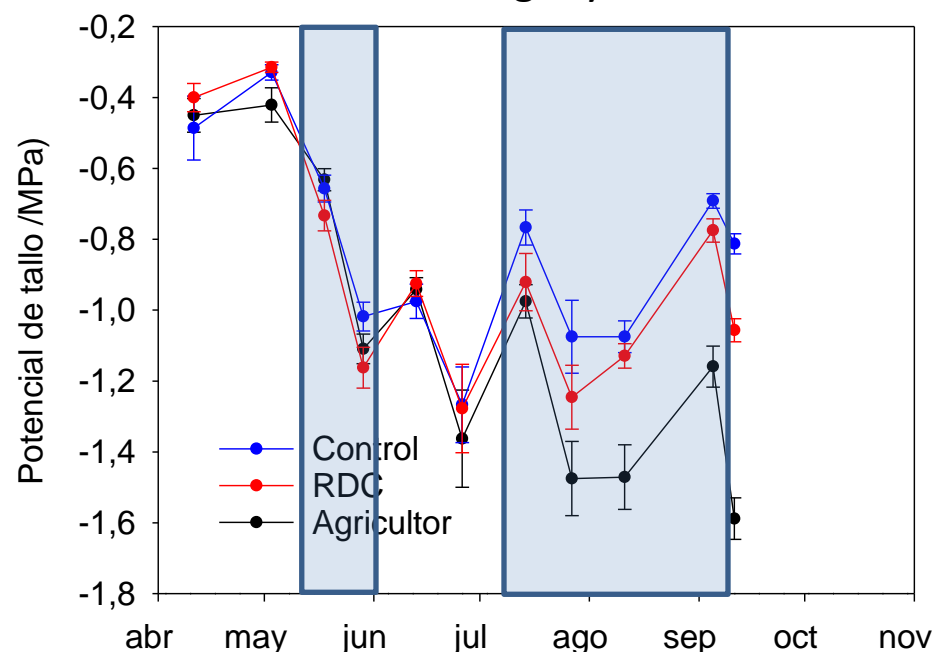
Albaricoquero



Meses



Paraguayo

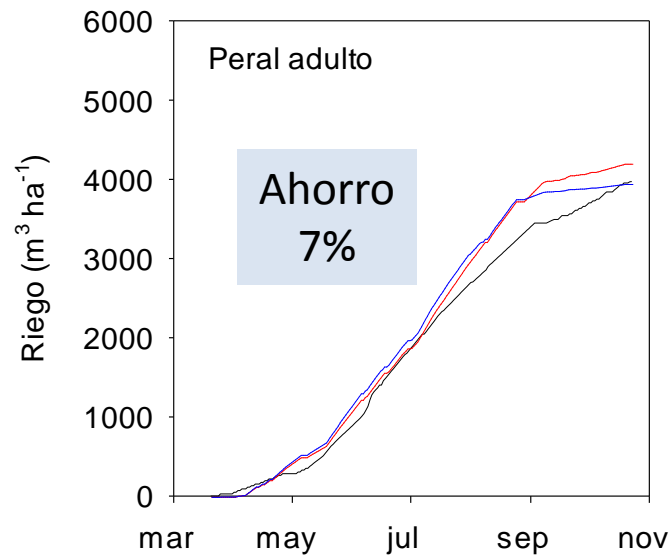
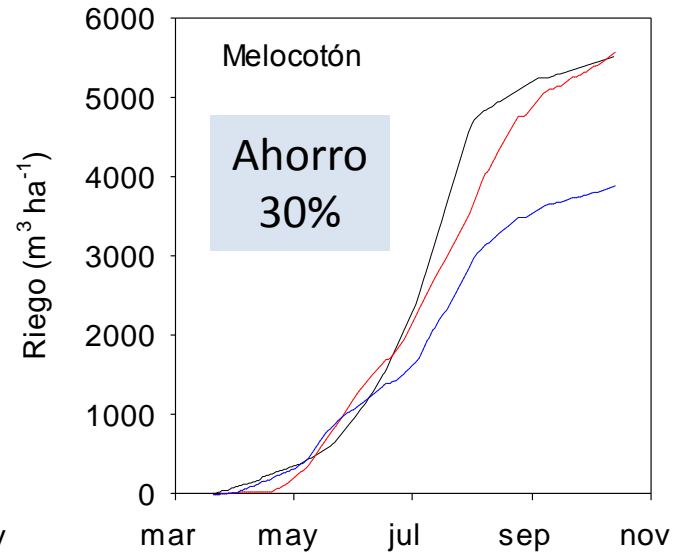
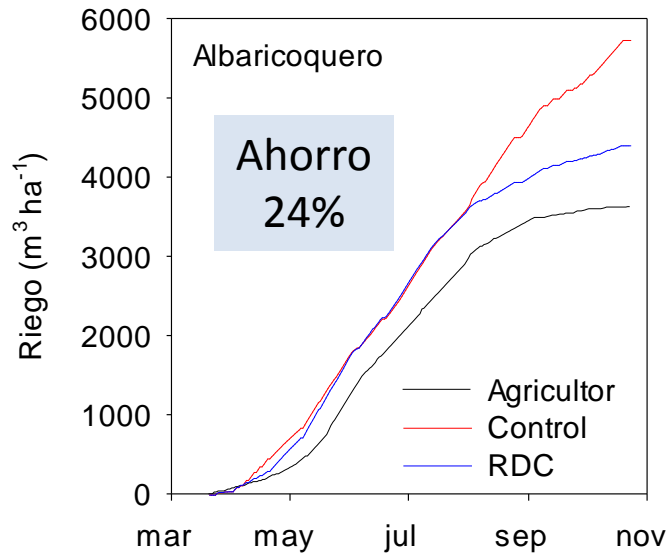


Meses



Volúmenes de agua aplicados

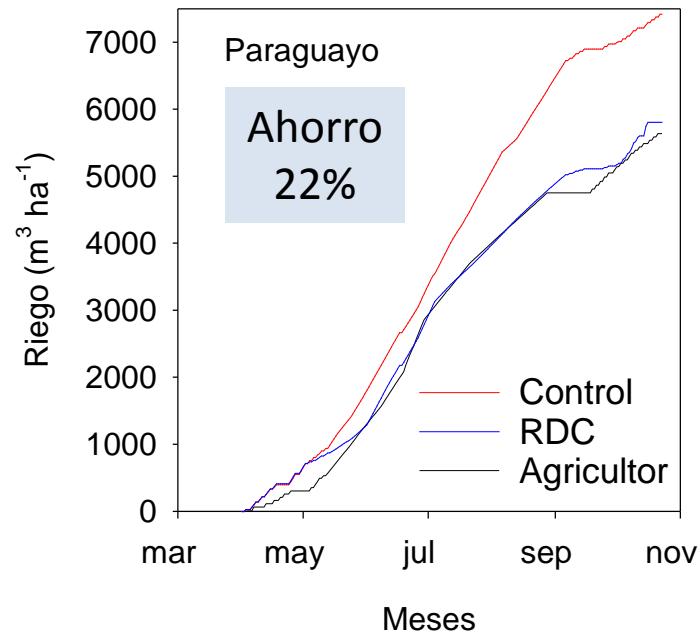
2017



PARCELAS EXPERIMENTALES

Volúmenes de agua aplicados

2017



Control de la Cosecha



12 árboles/tratamiento



Control individual por árbol



Control de la calidad



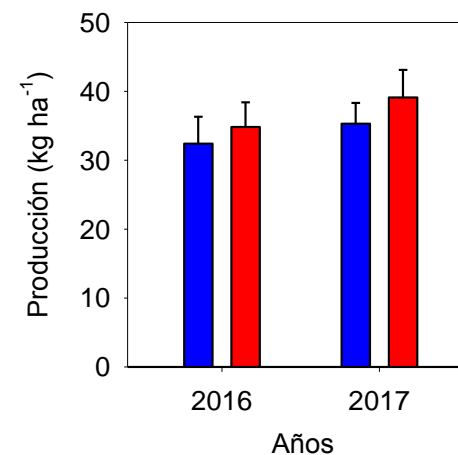
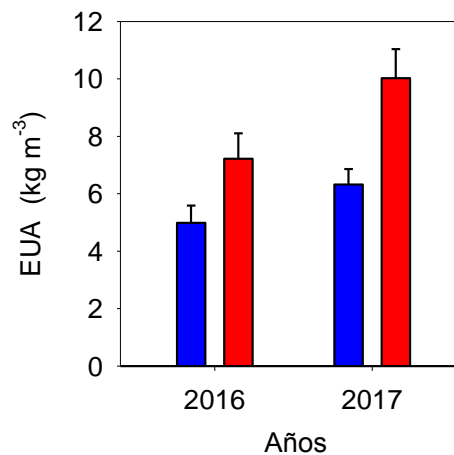
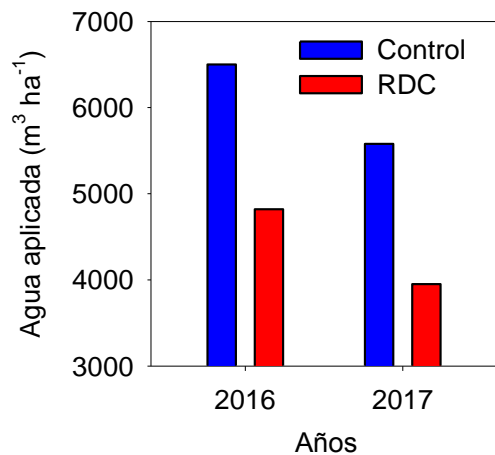
**Tamaño
Peso
Color
°Brix
Firmeza
Acidez**

PARCELAS EXPERIMENTALES

Finca los Alberciales



Melocotonero



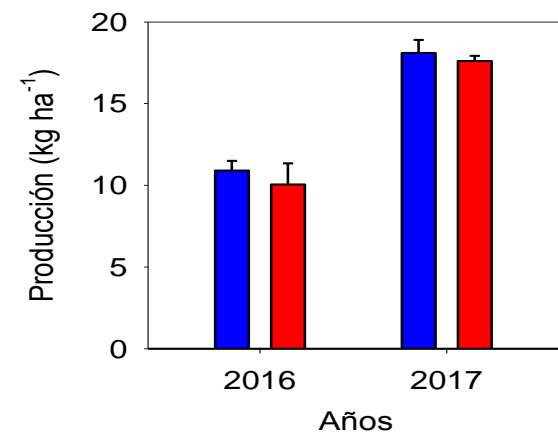
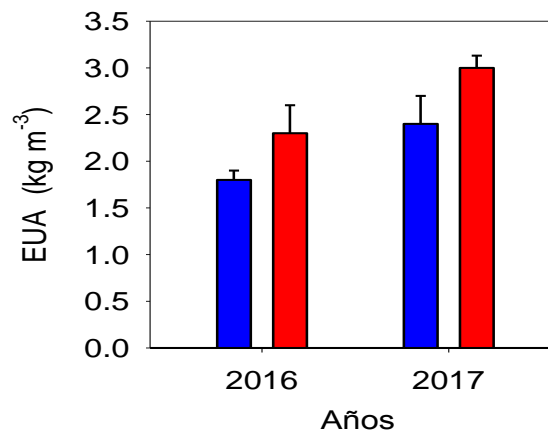
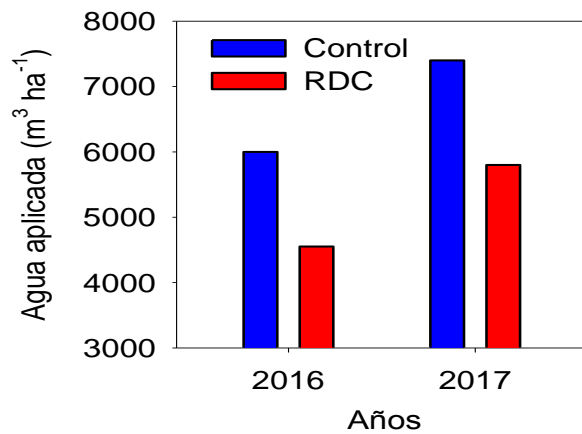
≈ 28%



PARCELAS EXPERIMENTALES

Finca la Cañada

Paraguay



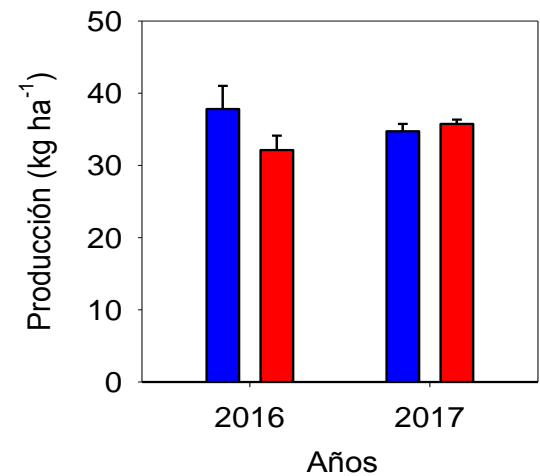
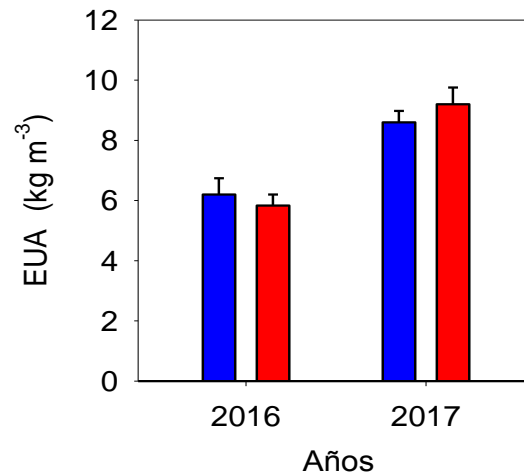
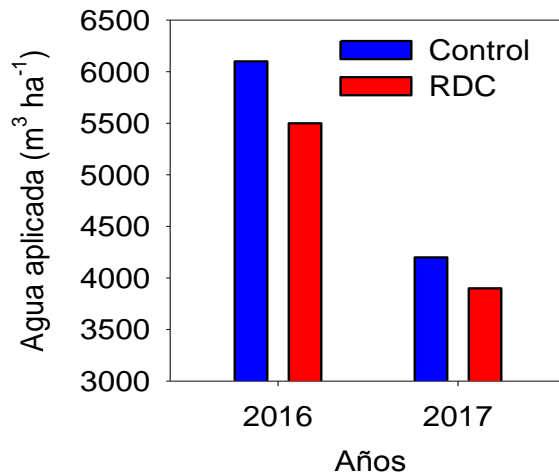
≈ 24%

PARCELAS EXPERIMENTALES

Finca los Alberciales



Peral



≈ 8%



PARCELAS EXPERIMENTALES

Control de la Cosecha

2017

Cultivo	Tratamiento	Agua Aplicada (m ³ /ha)	EUA (kg/m ³)	Producción (Tn/ha)
Melocotonero	Control	5580	6.2 ± 0.9	34.8 ± 3.6
	RDC	3950	9,9 ± 1.0	39.1 ± 4.1
	Agricultor	5514	4.6 ± 0.5	25.3 ± 2.9
Peral	Control	4200	8.3 ± 0.4	34.7 ± 1.0
	RDC	3900	9.2 ± 0.6	35.7 ± 0.6
	Agricultor	3970	9.4 ± 1,0	37.1 ± 3.8
Paraguay	Control	7400	2.4 ± 0.3	18.1 ± 0.8
	RDC	5800	3.0 ± 0.1	17.6 ± 0.3
	Agricultor	5500	2.7 ± 0.2	14.9 ± 0.5

≈ 20-50 %

Calidad de cosecha

2017

	Tratamiento	Peso fruto (g)	Diámetro de fruto (mm)	Firmeza	° Brix
Albaricoquero	Control	73,4 ± 1,9 a	55 ± 0,5	87,2 ± 1,0	13,2 ± 0,3 a
	RDC	73,3 ± 2,0 a	52 ± 0,5	88,8 ± 0,8	12,0 ± 0,2 b
	Agricultor	67,7 ± 1,9 b	52 ± 0,5	88,0 ± 0,7	12,2 ± 0,3 b
			n.s.	n.s.	
Peral adulto	Control	120 ± 4,0 a	57,2 ± 0,7 a	79,1 ± 1,1 a	12,9 ± 0,2 a
	RDC	109 ± 3,4 b	55,5 ± 0,6 b	75,2 ± 1,1 b	12,3 ± 0,2 b
	Agricultor	110 ± 4,2 b	55,5 ± 0,7 b	73,0 ± 1,2 b	12,4 ± 0,2 b
Paraguay	Control	85,5 ± 2,9 b	61,9 ± 0,7 b	90,0 ± 0,7 a	13,4 ± 0,2
	RDC	90,2 ± 2,9 a	63,6 ± 0,8 a	87,4 ± 1,0 b	13,4 ± 0,2
	Agricultor	97,0 ± 5,4 a	65,0 ± 1,4 a	87,1 ± 1,1 b	13,2 ± 0,3
					n.s.

- **UTILIZACIÓN DE ISÓTOPOS ESTABLES:** Los tratamientos regados con AR tienen mayores niveles de $\delta^{15}\text{N}$ que los tratamientos regados con AT (Romero-Trigueros et al., 2014a).
- **MEDIDAS ESTRUCTURALES DE LA HOJA:** La importancia de las medidas de **clorofila foliar** como posible indicador de estrés salino con AR (Romero-Trigueros et al., 2014b).
- **MEDIDAS MULTI-ESPECTRALES:** pueden jugar un importante papel en detectar cambios a corto plazo en la fisiología y procesos estructurales utilizando AR combinada con estrategias de RDC (Romero-Trigueros et al., 2017).
- **MEDIDAS DE MICROBIOLOGÍA DE SUELOS:** Los efectos que tiene la utilización de las aguas regeneradas sobre indicadores de la calidad del suelo (Bastida et al. 2017).

Campotejar
Molina de Segura

FINCA EXPERIMENTAL

Suelo : Franco-arenoso
Riego : Localizado, 4 goteros árbol⁻¹, 4 l h⁻¹
Programación riego : Semanal $ET_c = ET_0 * K_c$

Mandarino Orogrande (*Citrus clementina*)

Porta injerto : Carrizo

Año plantación : 2000

Marco : 5 x 3.5 m

Parcela : 0.5 ha

Pomelo Star Ruby (*Citrus paradisi* Macf)

Porta injerto : *Citrus Macrophylla*

Año plantación : 2005

Marco : 6 x 4 m

Parcela : 0.5 ha



Mandarino



Pomelo

PARCELAS EXPERIMENTALES

FUENTES DE AGUA Y TRATAMIENTOS DE RIEGO

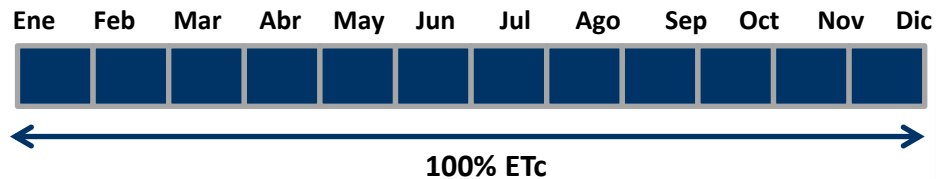
Agua Trasvase Tajo-Segura (AT) (TW, English)
CE ~ 1 dS m⁻¹



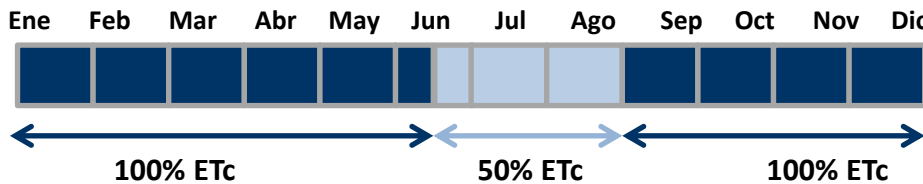
Agua EDAR Molina de Segura (AR) (RW, English)
CE > 3 dS m⁻¹



Control (C)
(100% ET_c)



RDC
(50% ET_c)



(English)
AT-C → TW-C
AT-RDC → TW-RDI
AR-C → RW-C
AR-RDC → RW-RDI

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL USO COMBINADO DE AGUA REGENERADA SALINA Y RDC EN POMELO SOBRE INDICADORES DE CALIDAD DE LOS SUELOS.

OBJETIVOS

Evaluar los efectos que tiene la aplicación de **agua regenerada**, en combinación con estrategias de riego deficitario controlado (**RDC**), en pomelo tras 7 años (desde 2008). Para ello, se comparan:

- a) Producción del cultivo de pomelo.
- b) los datos biomasa y actividad microbiana.

¿Es mejor reducir la cantidad de agua aplicada de buena calidad o aplicar el óptimo de las necesidades hídricas aunque sea de menor calidad?.

CALIDAD DEL SUELO



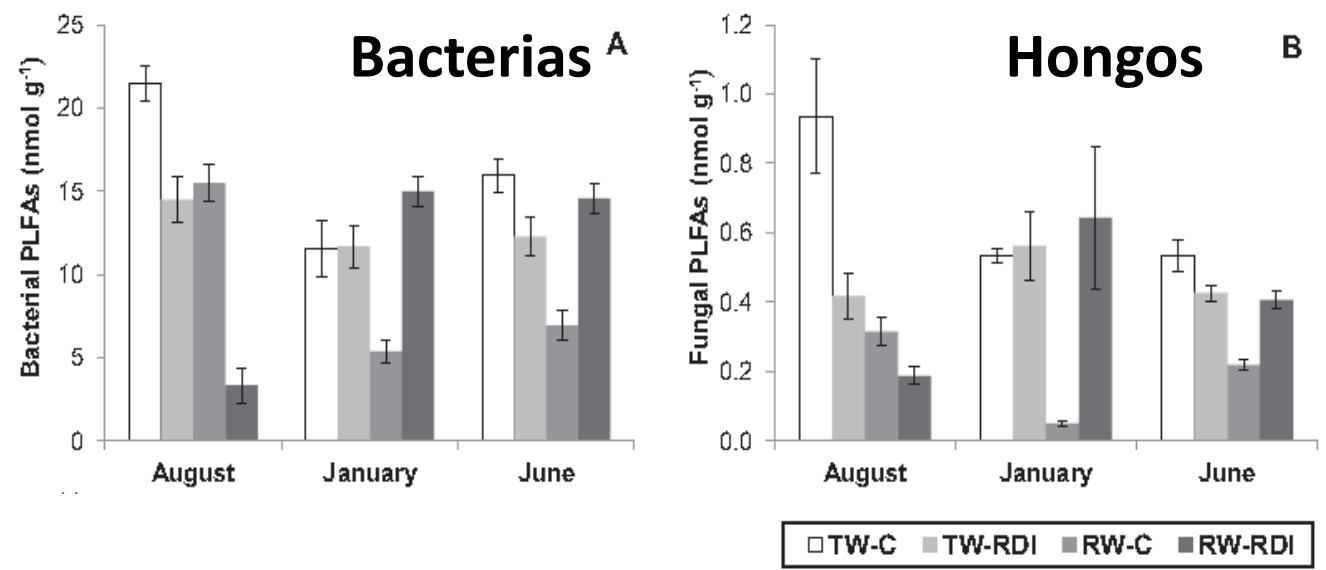
Contents lists available at ScienceDirect
Soil Biology & Biochemistry
 journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio

Combined effects of reduced irrigation and water quality on the soil microbial community of a citrus orchard under semi-arid conditions

F. Bastida ^{a,*}, I.F. Torres ^{a,1}, C. Romero-Trigueros ^a, P. Baldrian ^b, T. Vetrovský ^b, J.M. Bayona ^a, J.J. Alarcón ^a, T. Hernández ^a, C. García ^a, E. Nicolás ^a



BIOMASA MICROBIANA



Bastida et al., 2017

Figure 2. Phospholipid fatty acid concentration in different microbial groups in soils treated with distinct water management strategies. Soils irrigated with transfer water without regulated deficit irrigation (TW-C); soils irrigated with transfer water and regulated deficit irrigation (TW-RDI); soils irrigated with reclaimed water (RW-C); and soils irrigated with reclaimed water with RDI (RW-RDI). Bars indicate standard deviation of the mean.

CALIDAD DEL SUELO

ACTIVIDAD MICROBIANA

Contents lists available at ScienceDirect
 Soil Biology & Biochemistry
 ELSEVIER
 Journal homepage: www.elsevier.com/locate/sbb

Combined effects of reduced irrigation and water quality on the soil microbial community of a citrus orchard under semi-arid conditions
 F. Bastida ^{a,*}, I.F. Torres ^a, C. Romero-Trigueros ^a, P. Baldrán ^b, T. Větrovský ^b, J.M. Bayona ^a, J.I. Alarcón ^a, T. Hernández ^a, C. García ^a, E. Nicolás ^a

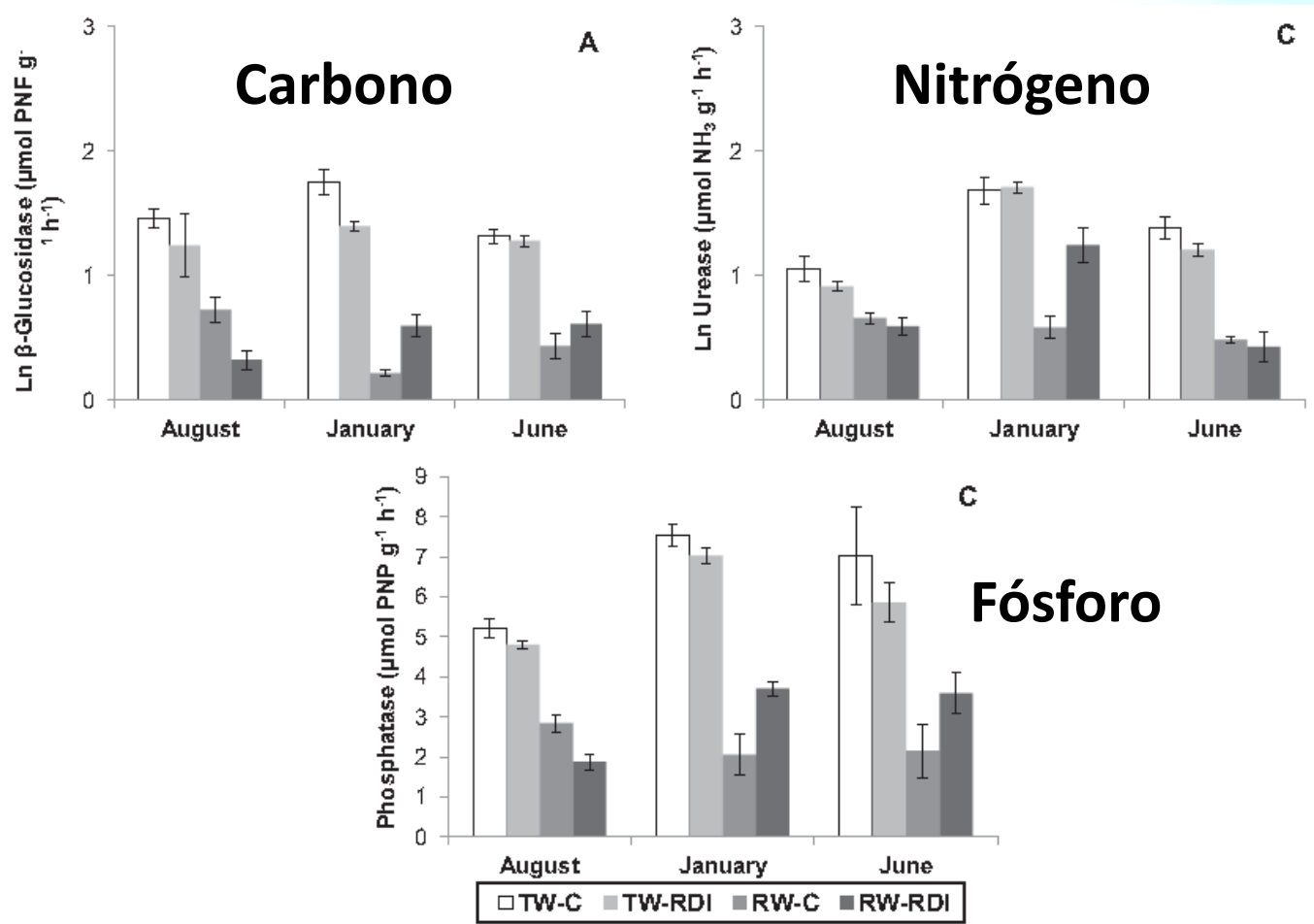


Figure 4. Enzyme activities in soils treated with distinct water management strategies. Soils irrigated with transfer water without regulated deficit irrigation (TW-C); soils irrigated with transfer water and regulated deficit irrigation (TW-RDI); soils irrigated with reclaimed water (RW-C); and soils irrigated with reclaimed water with RDI (RW-RDI). Bars indicate standard deviation of the mean.

MEDIDAS MICROBIOLÓGICAS DE SUELOS



Combined effects of reduced irrigation and water quality on the soil microbial community of a citrus orchard under semi-arid conditions
F. Bastida ^{a,*}, I.F. Torres ^{a,1}, C. Romero-Trigueros ^a, P. Baldrian ^b, T. Větrovský ^b,
J.M. Bayona ^a, J.J. Alarcón ^a, T. Hernández ^a, C. García ^a, E. Nicolás ^a

CONCLUSIONES

- Con respecto a la biomasa microbiana, cuando aplicamos RDC con agua regenerada, se genera un incremento posterior muy significativo debido a su resiliencia.
- La actividad microbiana, siempre es mejor utilizar aguas de buena calidad, aunque sea en baja cantidad.
- Importancia del manejo del riego cuando se utilizan aguas regeneradas.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las aguas regeneradas no suponen restricción de uso en los sistemas de filtrado en aplicación directa.

Las aguas regeneradas cumplen los requisitos de la normativa para el riego de cultivos frutales de la CR Miraflores.

Aporte de nutrientes y riesgo de eutrofización.

No presentan niveles de metales pesados y un riesgo moderado de salinización.

Exigencias de mayor nivel de formación del agricultor.

Recomendación de seguimiento de las aguas regeneradas en las instalaciones de la CR (evolución de su calidad y para el éxito de una estrategia RDC).



¡¡MUCHAS GRACIAS!!



Científico Titular; emilio@cebas.csic.es

Departamento de Riego (CEBAS-CSIC)