



**CALIDAD DE LAS  
AGUAS DE RIEGO EN  
LA ISLA DE  
LANZAROTE  
2015-2016**

Francisco J. Díaz Peña. Investigador "Ramón y Cajal"  
Grupo "Recursos de Suelos y Aguas". ULL



## CRITERIOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO

Composición Mineral, común para todos los RH, afecta a las propiedades del suelo, producción y calidad de los cultivos. Considera además los efectos secundarios (calidad aguas subterráneas,...)

Contenido en agentes patógenos: aguas residuales. Los criterios se basan, en primer lugar, en la protección de la salud pública y del medio ambiente

## CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES:

- AGUAS DE MAR DESALINIZADA
- AGUA RESIDUAL DEPURADA



## CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES:

- AGUA DE MAR DESALINIZADA



AGUA DE MAR  
DESALINIZADA



RECOMENDACIÓN  
ISRAELÍ PARA AGUA  
DESALINIZADA DE  
USO AGRÍCOLA Y  
DOMÉSTICO

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7
SAR (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
B mg L <sup>-1</sup>	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7
SAR (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
B mg L <sup>-1</sup>	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) <sup>0.5</sup>	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
B mg L <sup>-1</sup>	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2	
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62	> 30
$\text{Ca}^{2+} \text{ mg L}^{-1}$	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9	
$\text{Mg}^{2+} \text{ mg L}^{-1}$	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0	> 15
$\text{K}^+ \text{ mg L}^{-1}$	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5	
$\text{Na}^+ \text{ mg L}^{-1}$	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7	< 20
SAR ( $\text{mmol L}^{-1})^{0.5}$	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5	< 6
Alcalinidad $\text{mg L}^{-1}$ as $\text{CaCO}_3$	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1	
$\text{Cl}^- \text{ mg L}^{-1}$	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2	
$\text{S-SO}_4^{2-} \text{ mg L}^{-1}$	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1	
$\text{P-PO}_4^{3-} \text{ mg L}^{-1}$	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	
$\text{N-NO}_3^- \text{ mg L}^{-1}$	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	
$\text{N-NH}_4^+ \text{ mg L}^{-1}$	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2	
B $\text{mg L}^{-1}$	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1	

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) <sup>0.5</sup>	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
B mg L <sup>-1</sup>	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1

< 20

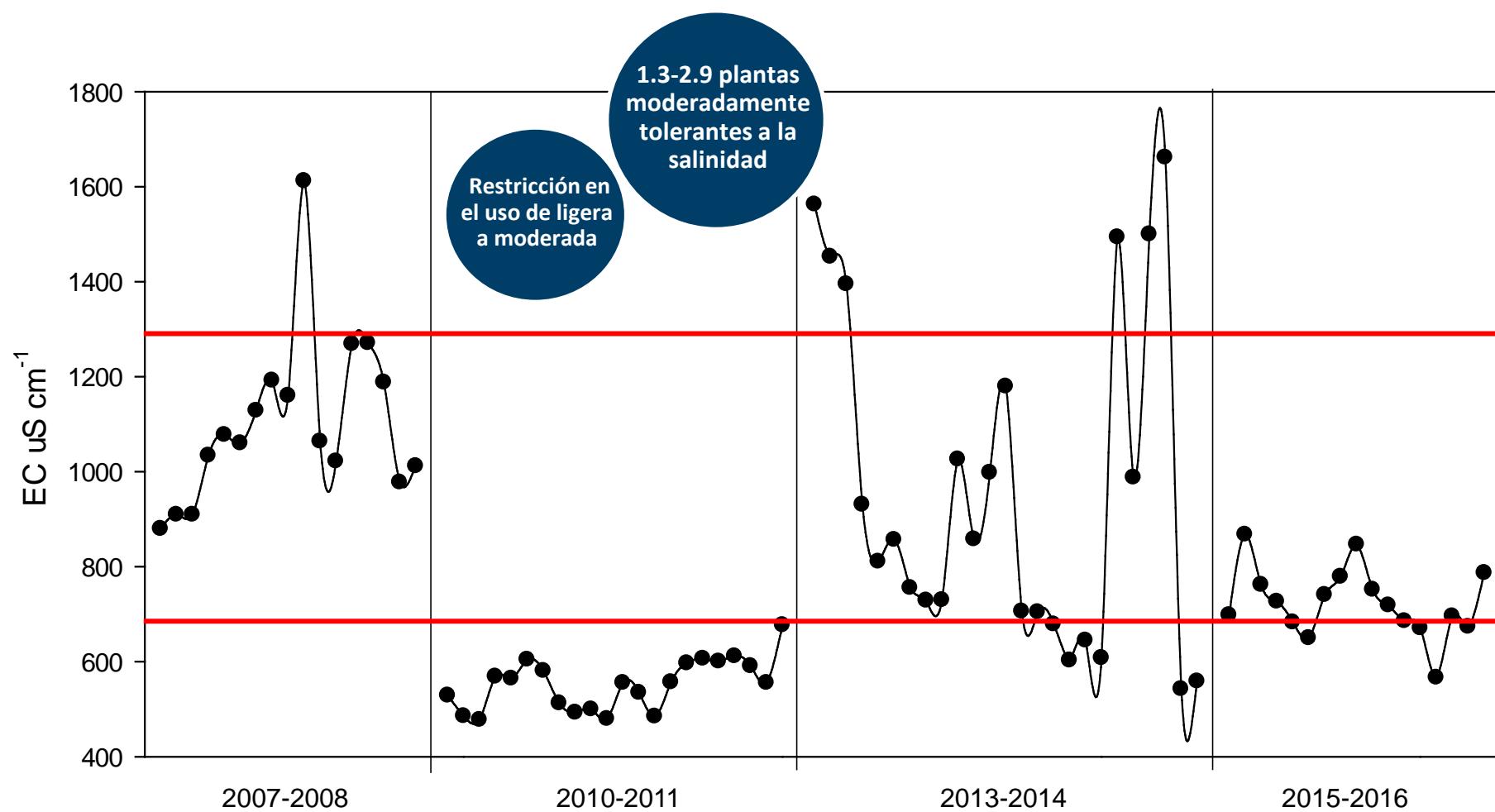
> 30

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17

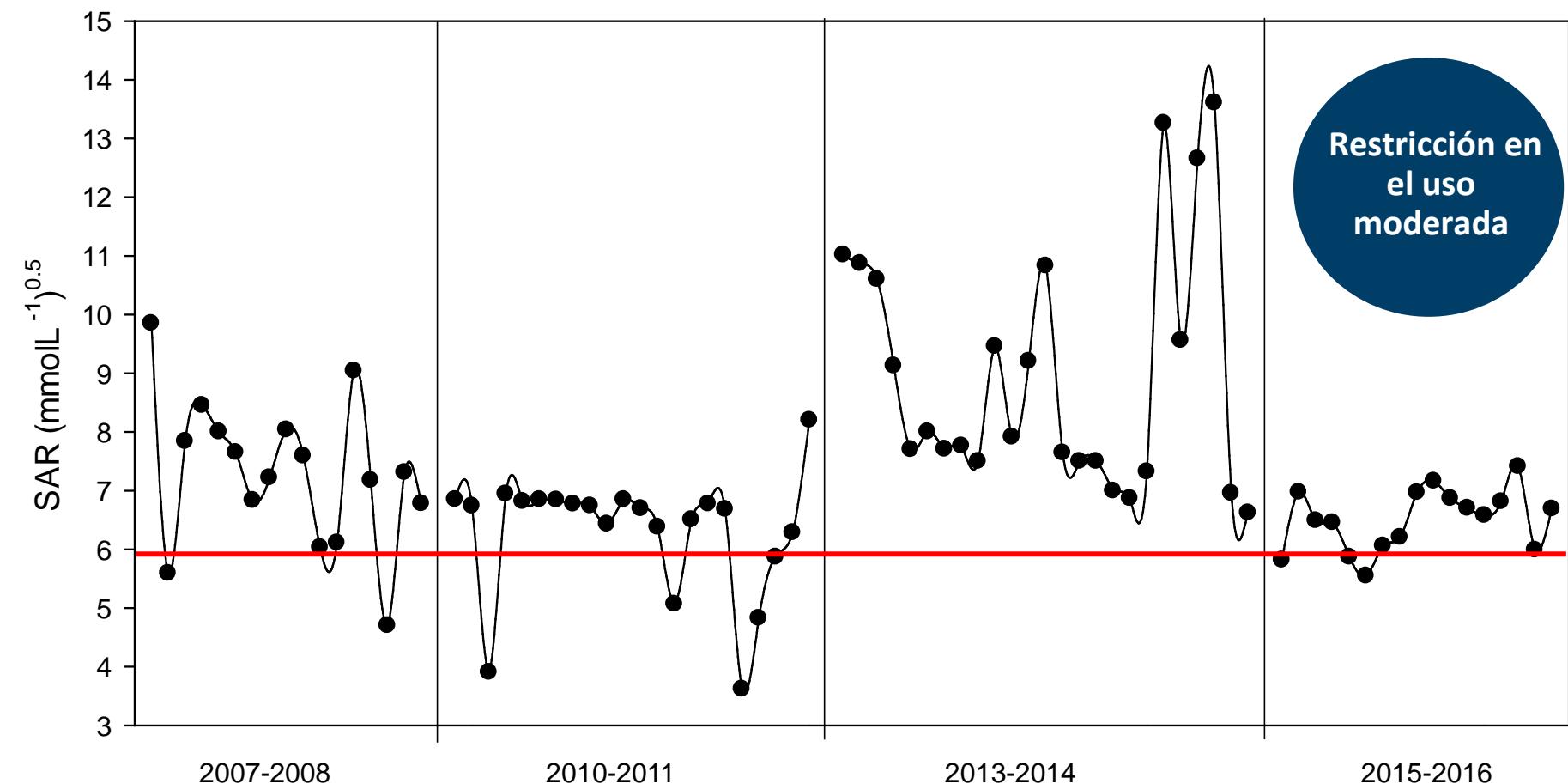
Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
pH	7.1 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.0 ± 0.2
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	724 ± 73	710 ± 77	727 ± 62
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	15.0 ± 3.1	13.4 ± 5.6	15.4 ± 2.9
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.3 ± 1.1	5.1 ± 1.1	5.2 ± 1.0
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	5.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	5.5 ± 0.5
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	114.0 ± 11.5	111.9 ± 11.6	114.0 ± 9.7
SAR (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.4 ± 0.5
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	43.9 ± 7.6	44.6 ± 8.9	44.7 ± 8.1
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	175.7 ± 20.5	172.5 ± 21.9	176.2 ± 19.2
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 1.1	2.5 ± 1.0	2.6 ± 1.1
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
B mg L <sup>-1</sup>	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1

~ 0.3

# EVOLUCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DESALINIZADA (ZONZAMAS) PERÍODO 2007-2016; n ≈ 80

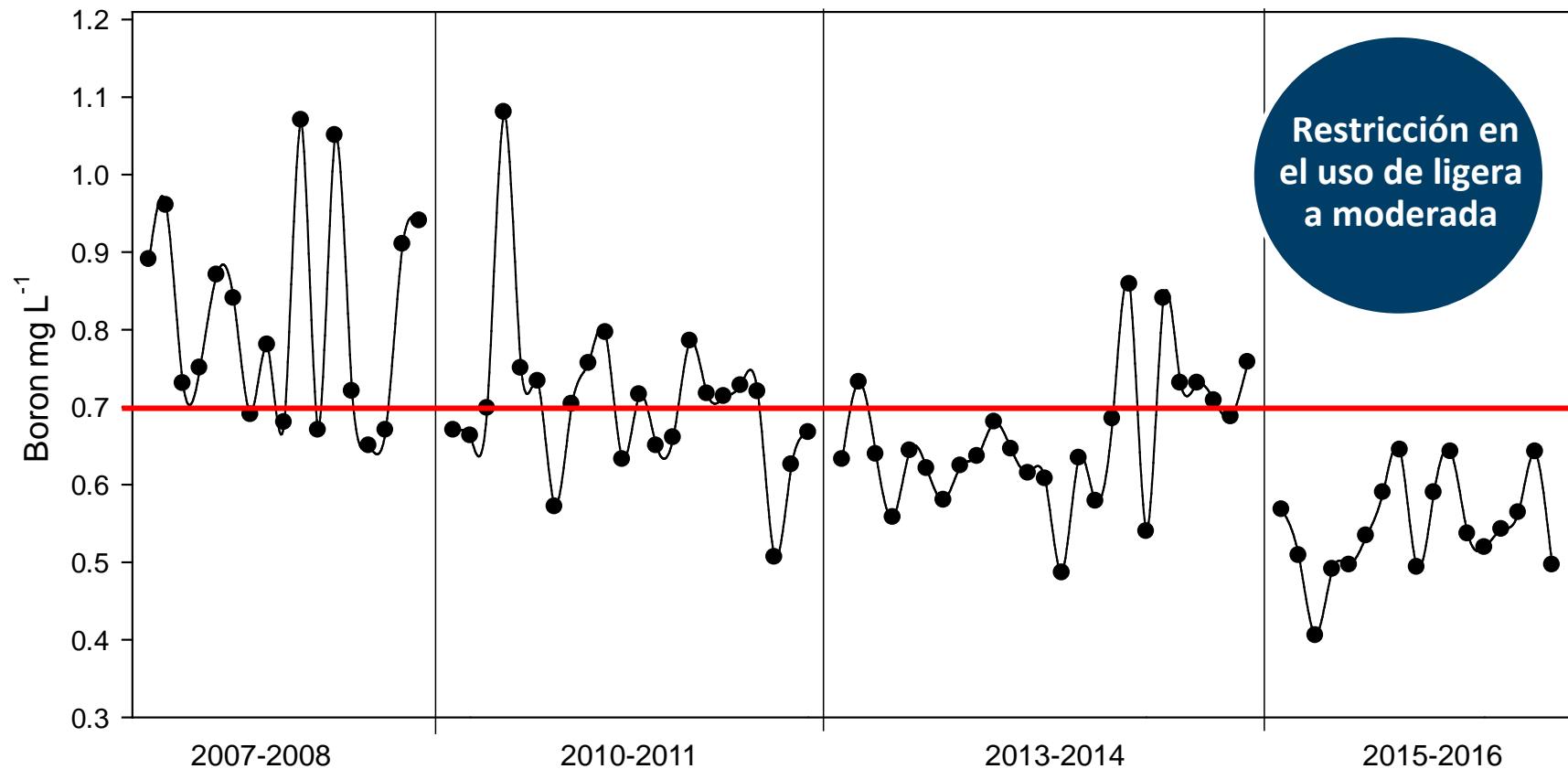


**EVOLUCIÓN DEL SAR DEL AGUA DESALINIZADA (ZONZAMAS)**  
**PERÍODO 2007-2016; n ≈ 80**



**Restricción en  
el uso  
moderada**

# EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE BORO DEL AGUA DESALINIZADA (ZONZAMAS) PERÍODO 2007-2016; n ≈ 80



## **PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
STS mg L <sup>-1</sup>	0.4 ± 1.2	0.3 ± 0.9	0.1 ± 0.4
Turbidez NTU	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.6	0.9 ± 0.2
ISL	-1.7 ± 0.4	-1.7 ± 0.4	-1.8 ± 0.3
Dureza (°F)	5.9 ± 1.1	5.2 ± 2.1	5.3 ± 2.2

---

## **PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
-----------	-------------	-------------------	-----------------

STS mg L <sup>-1</sup>	0.4 ± 1.2	0.3 ± 0.9	0.1 ± 0.4
------------------------	-----------	-----------	-----------

Turbidez NTU	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.6	0.9 ± 0.2
--------------	-----------	-----------	-----------

ISL	-1.7 ± 0.4	-1.7 ± 0.4	-1.8 ± 0.3
-----	------------	------------	------------

Dureza (°F)	5.9 ± 1.1	5.2 ± 2.1	5.3 ± 2.2
-------------	-----------	-----------	-----------

---

## PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DESALINIZADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías
STS mg L <sup>-1</sup>	0.4 ± 1.2	0.3 ± 0.9	0.1 ± 0.4
Turbidez NTU	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.6	0.9 ± 0.2
ISL	-1.7 ± 0.4	-1.7 ± 0.4	-1.8 ± 0.3
Dureza (°F)	5.9 ± 1.1	5.2 ± 2.1	5.3 ± 2.2

- Agua no saturada con respecto a CaCO<sub>3</sub>
- El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de CaCO<sub>3</sub> presentes que protegen las tuberías y equipos
- Corrosión severa
- Moderadamente blandas

➤ Conclusiones para aguas desalinizadas:

Para evitar la degradación progresiva de los suelos regados la calidad del agua desalinizada debe ser mejorada sustancialmente en:

- Desequilibrio entre cationes (SAR, ISL)
- Niveles de boro

RO Ashkelon  
plant; Israel;  
0.4 €/m<sup>3</sup>



## CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES:

- AGUAS DEPURADAS



AGUA RESIDUAL  
DEPURADA



REAL DECRETO  
1620/2007  
RÉGIMEN JURÍDICO  
DE LA  
REUTILIZACIÓN DE  
LAS AGUAS  
DEPURADAS.

- REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>2.- USOS AGRÍCOLAS<sup>1</sup></b>					
CALIDAD 2. <sup>2</sup>  a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 nuevo/10 L	100 UFC/100 mL  Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>3</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> : 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

<sup>1</sup> Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad: 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganoso: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Níquel: 0,2 mg/L; Olorito: 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L.. Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula:

$$\text{RAS (meq / L)} = \frac{[\text{Na}]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}] + [\text{Mg}]}{2}}}$$

<sup>2</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

<sup>3</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

- REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>CALIDAD 2.2</b> <p>a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior.  b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.  c) Acuicultura.</p>	1 huevo/10 L	<p>1.000 UFC/100 mL</p> <p>Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases<sup>1</sup> con los siguientes valores:  n = 10  m = 1.000 UFC/100 mL  M = 10.000 UFC/100 mL  c = 3</p>	35 mg/L	No se fija límite	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p><i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i>: 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne)</p> <p>Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i>, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000</p>
<b>CALIDAD 2.3</b> <p>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.  b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.  c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.</p>	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p><i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L</p>

<sup>1</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

- REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
CALIDAD 2.2 <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior.</li> <li>b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.</li> <li>c) Acuicultura.</li> </ul>	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL  Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>1</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
CALIDAD 2.3 <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.</li> <li>b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.</li> <li>c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.</li> </ul>	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L

<sup>1</sup> Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

## PARÁMETROS BIOLÓGICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
-----------	-------------	-------------------	-----------------	---------------

---

<i>Escherichia coli</i> ufc 100 mL <sup>-1</sup>	0 - 180	0 - 42	0 - 8200	< 100
---	---------	--------	----------	-------

DQO mg L <sup>-1</sup>	45.8 ± 22.0	40.2 ± 18.4	29.6 ± 11.0	----
------------------------	-------------	-------------	-------------	------

DBO <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup>	10.4 ± 8.0	12.4 ± 7.5	10.0 ± 9.2	< 5 - 10
-------------------------------------	------------	------------	------------	----------

DBO <sub>5</sub> / DQO	0.28	0.36	0.35	----
------------------------	------	------	------	------

---

## PARÁMETROS BIOLÓGICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
<i>Escherichia coli</i> ufc 100 mL <sup>-1</sup>	0 - 180	0 - 42	0 - 8200	< 100
DQO mg L <sup>-1</sup>	45.8 ± 22.0	40.2 ± 18.4	29.6 ± 11.0	----
DBO <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup>	10.4 ± 8.0	12.4 ± 7.5	10.0 ± 9.2	< 5 - 10
DBO <sub>5</sub> / DQO	0.28	0.36	0.35	----

---

# PARÁMETROS BIOLÓGICOS AGUAS DEPURADAS

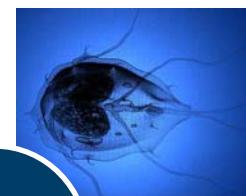
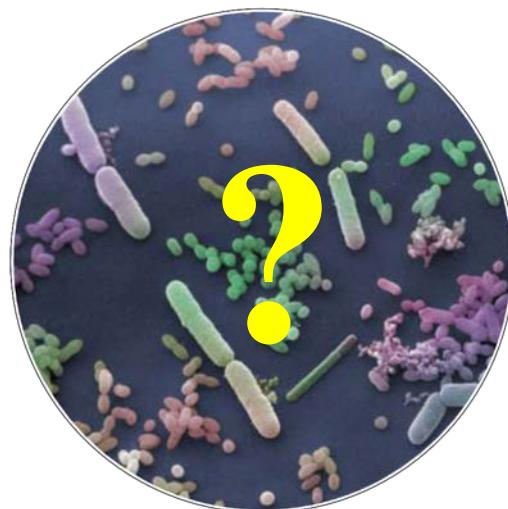


Bioindicadores  
de  
contaminación  
fecal



Virus

*Escherichia coli*



Protozoos

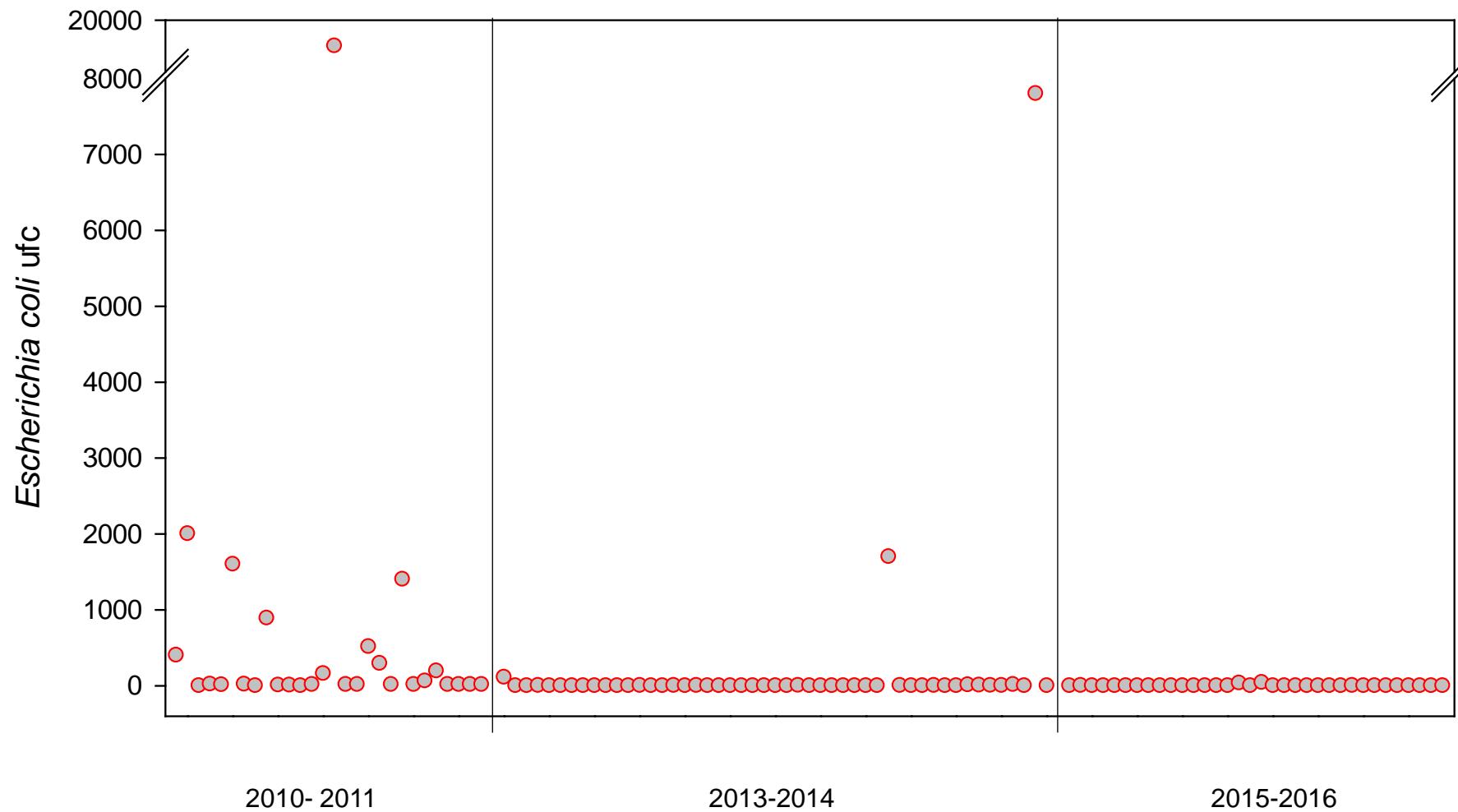


Helmintos



*Salmonella*  
*typhi*

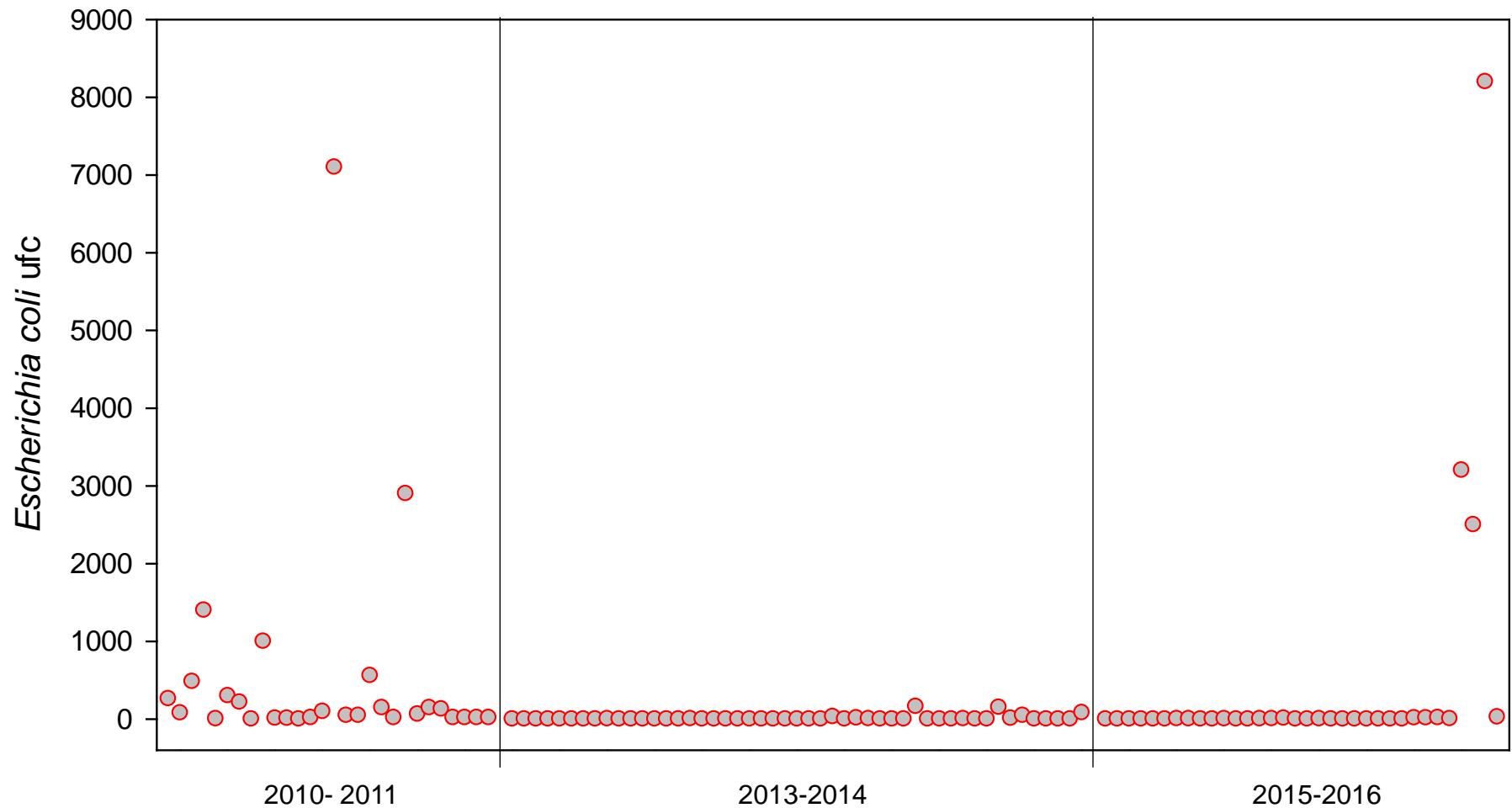
## EVOLUCIÓN *ESCHERICHIA COLI* EN EL AGUA DEPURADA DE LA VEGA DE MACHÍN



## EVOLUCIÓN *ESCHERICHIA COLI* EN EL AGUA DEPURADA DE ZONZAMAS



## EVOLUCIÓN *ESCHERICHIA COLI* EN EL AGUA DEPURADA DE LA VEGA DE TÍAS



## PARÁMETROS BIOLÓGICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
<i>Escherichia coli</i> ufc 100 mL <sup>-1</sup>	0 - 180	0 - 42	0 - 8200	< 100
DQO mg L <sup>-1</sup>	45.8 ± 22.0	40.2 ± 18.4	29.6 ± 11.0	----
DBO <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup>	10.4 ± 8.0	12.4 ± 7.5	10.0 ± 9.2	< 5 - 10
DBO <sub>5</sub> / DQO	0.3	0.4	0.4	----

DQO

cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua

tratamientos físico-químicos

Relación DBO/DQO <0.2

vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables

cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en el agua

Relación DBO/DQO >0.5

vertidos de naturaleza urbana, biodegradables

DBO

tratamientos biológicos

## PARÁMETROS BIOLÓGICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

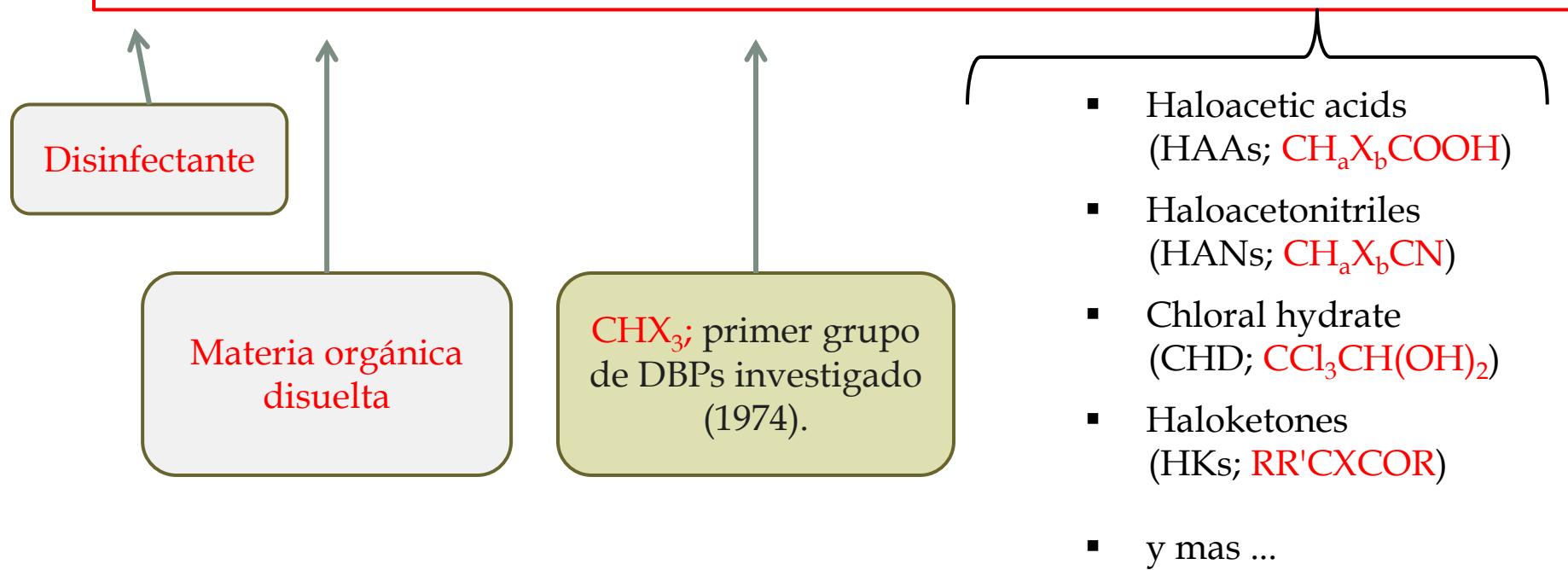
Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
<i>Escherichia coli</i> ufc 100 mL <sup>-1</sup>	0 - 180	0 - 42	0 - 8200	< 100
DQO mg L <sup>-1</sup>	45.8 ± 22.0	40.2 ± 18.4	29.6 ± 11.0	----
DBO <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup>	10.4 ± 8.0	12.4 ± 7.5	10.0 ± 9.2	< 5 - 10
DBO <sub>5</sub> / DQO	0.3	0.4	0.4	----

# ¿Qué son los subproductos de la desinfección(DBPs)?



*Compuestos orgánicos formados durante la desinfección del agua*

## ➤ Cloración:



## **PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
STS mg L <sup>-1</sup>	3.3 ± 4.3	4.4 ± 12.9	1.2 ± 2.2	20
Turbidez NTU	9.0 ± 8.3	4.5 ± 4.0	2.8 ± 1.6	10
ISL	-0.4 ± 0.4	-0.6 ± 0.7	-1.0 ± 0.4	0
Dureza (°F)	11.7 ± 1.6	11.6 ± 1.3	9.5 ± 0.8	----

---

## PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

---

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
STS mg L <sup>-1</sup>	3.3 ± 4.3	4.4 ± 12.9	1.2 ± 2.2	20
Turbidez NTU	9.0 ± 8.3	4.5 ± 4.0	2.8 ± 1.6	10
ISL	-0.4 ± 0.4	-0.6 ± 0.7	-1.0 ± 0.4	0
Dureza (°F)	11.7 ± 1.6	11.6 ± 1.3	9.5 ± 0.8	----

---

## PARÁMETROS FÍSICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Recomendación
STS mg L <sup>-1</sup>	3.3 ± 4.3	4.4 ± 12.9	1.2 ± 2.2	20
Turbidez NTU	9.0 ± 8.3	4.5 ± 4.0	2.8 ± 1.6	10
ISL	-0.4 ± 0.4	-0.6 ± 0.7	-1.0 ± 0.4	0
Dureza (°F)	11.7 ± 1.6	11.6 ± 1.3	9.5 ± 0.8	----

- Agua no saturada con respecto a CaCO<sub>3</sub>
- El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de CaCO<sub>3</sub> presentes que protegen las tuberías y equipos
- Corrosión moderada

**PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Límite de referencia
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.4	7.2 ± 0.2	8.1
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	1837 ± 265	1830 ± 251	1424 ± 98	2.0
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.5 ± 2.1	27.8 ± 2.7	23.4 ± 2.9	120
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	11.9 ± 3.6	11.4 ± 2.7	8.8 ± 1.1	50
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	30.7 ± 1.5	30.3 ± 1.8	26.1 ± 1.7	40
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	237.2 ± 23.1	235.9 ± 18.5	215.7 ± 17.3	200
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}\right)^{0.5}$	9.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4	9.6 ± 0.6	6.0
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	254.3 ± 66.7	233.0 ± 96.5	119.5 ± 53.5	150
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	356.4 ± 53.7	337.3 ± 36.8	307.8 ± 24.9	360
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	12.5 ± 4.1	12.0 ± 4.1	8.0 ± 3.6	500
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.8 ± 1.3	2.3 ± 1.9	3.5 ± 2.2	30
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.0 ± 2.3	2.3 ± 4.9	4.5 ± 3.2	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.9 ± 14.4	30.7 ± 14.9	7.5 ± 10.3	40
B mg L <sup>-1</sup>	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.75

**PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Límite de referencia
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.4	7.2 ± 0.2	8.1
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	1837 ± 265	1830 ± 251	1424 ± 98	2.0
$\text{Ca}^{2+} \text{ mg L}^{-1}$	27.5 ± 2.1	27.8 ± 2.7	23.4 ± 2.9	120
$\text{Mg}^{2+} \text{ mg L}^{-1}$	11.9 ± 3.6	11.4 ± 2.7	8.8 ± 1.1	50
$\text{K}^+ \text{ mg L}^{-1}$	30.7 ± 1.5	30.3 ± 1.8	26.1 ± 1.7	40
$\text{Na}^+ \text{ mg L}^{-1}$	237.2 ± 23.1	235.9 ± 18.5	215.7 ± 17.3	200
SAR $(\text{mmol L}^{-1})^{0.5}$	9.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4	9.6 ± 0.6	6.0
Alcalinidad $\text{mg L}^{-1}$ as $\text{CaCO}_3$	254.3 ± 66.7	233.0 ± 96.5	119.5 ± 53.5	150
$\text{Cl}^- \text{ mg L}^{-1}$	356.4 ± 53.7	337.3 ± 36.8	307.8 ± 24.9	360
$\text{S-SO}_4^{2-} \text{ mg L}^{-1}$	12.5 ± 4.1	12.0 ± 4.1	8.0 ± 3.6	500
$\text{P-PO}_4^{3-} \text{ mg L}^{-1}$	1.8 ± 1.3	2.3 ± 1.9	3.5 ± 2.2	30
$\text{N-NO}_3^- \text{ mg L}^{-1}$	1.0 ± 2.3	2.3 ± 4.9	4.5 ± 3.2	50
$\text{N-NH}_4^+ \text{ mg L}^{-1}$	27.9 ± 14.4	30.7 ± 14.9	7.5 ± 10.3	40
B $\text{mg L}^{-1}$	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.75

**PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Límite de referencia
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.4	7.2 ± 0.2	8.1
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	1837 ± 265	1830 ± 251	1424 ± 98	2.0
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.5 ± 2.1	27.8 ± 2.7	23.4 ± 2.9	120
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	11.9 ± 3.6	11.4 ± 2.7	8.8 ± 1.1	50
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	30.7 ± 1.5	30.3 ± 1.8	26.1 ± 1.7	40
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	237.2 ± 23.1	235.9 ± 18.5	215.7 ± 17.3	200
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}\right)^{0.5}$	9.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4	9.6 ± 0.6	6.0
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	254.3 ± 66.7	233.0 ± 96.5	119.5 ± 53.5	150
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	356.4 ± 53.7	337.3 ± 36.8	307.8 ± 24.9	360
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	12.5 ± 4.1	12.0 ± 4.1	8.0 ± 3.6	500
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.8 ± 1.3	2.3 ± 1.9	3.5 ± 2.2	30
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.0 ± 2.3	2.3 ± 4.9	4.5 ± 3.2	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.9 ± 14.4	30.7 ± 14.9	7.5 ± 10.3	40
B mg L <sup>-1</sup>	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.75

# PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35

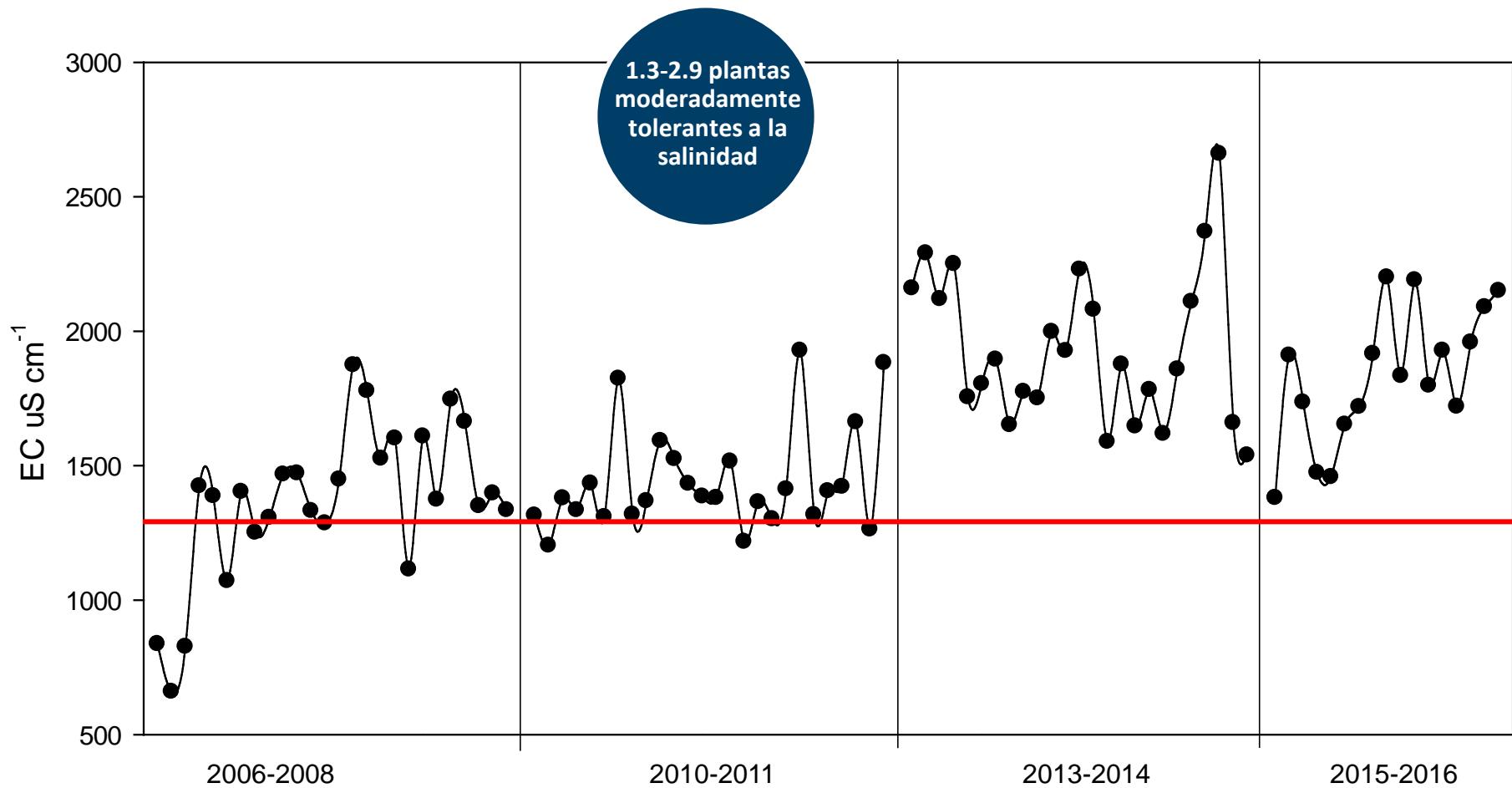
Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Límite de referencia
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.4	7.2 ± 0.2	8.1
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	1837 ± 265	1830 ± 251	1424 ± 98	2.0
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.5 ± 2.1	27.8 ± 2.7	23.4 ± 2.9	120
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	11.9 ± 3.6	11.4 ± 2.7	8.8 ± 1.1	50
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	30.7 ± 1.5	30.3 ± 1.8	26.1 ± 1.7	40
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	237.2 ± 23.1	235.9 ± 18.5	215.7 ± 17.3	200
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}\right)^{0.5}$	9.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4	9.6 ± 0.6	6.0
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	254.3 ± 66.7	233.0 ± 96.5	119.5 ± 53.5	150
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	356.4 ± 53.7	337.3 ± 36.8	307.8 ± 24.9	360
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	12.5 ± 4.1	12.0 ± 4.1	8.0 ± 3.6	500
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.8 ± 1.3	2.3 ± 1.9	3.5 ± 2.2	30
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.0 ± 2.3	2.3 ± 4.9	4.5 ± 3.2	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.9 ± 14.4	30.7 ± 14.9	7.5 ± 10.3	40
B mg L <sup>-1</sup>	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.75

**PARÁMETROS QUÍMICOS AGUAS DEPURADAS; Noviembre 2015 – Julio 2016; n ≈ 17-35**

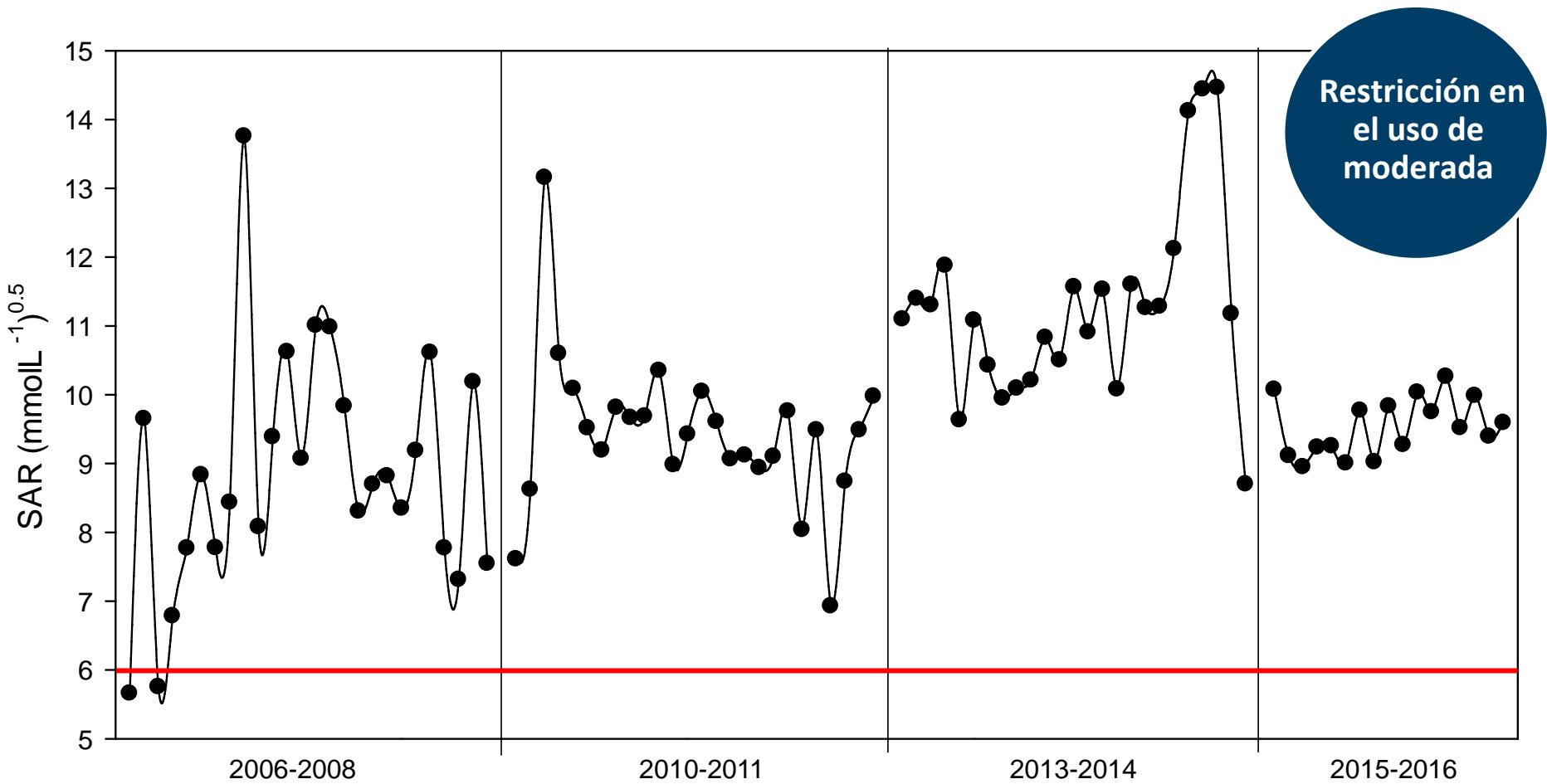
Parámetro	AD Zonzamas	AD Vega de Machín	AD Vega de Tías	Límite de referencia
pH	7.4 ± 0.3	7.3 ± 0.4	7.2 ± 0.2	8.1
CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	1837 ± 265	1830 ± 251	1424 ± 98	2.0
Ca <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.5 ± 2.1	27.8 ± 2.7	23.4 ± 2.9	120
Mg <sup>2+</sup> mg L <sup>-1</sup>	11.9 ± 3.6	11.4 ± 2.7	8.8 ± 1.1	50
K <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	30.7 ± 1.5	30.3 ± 1.8	26.1 ± 1.7	40
Na <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	237.2 ± 23.1	235.9 ± 18.5	215.7 ± 17.3	200
SAR ( $\text{mmol L}^{-1}\right)^{0.5}$	9.5 ± 0.5	9.5 ± 0.4	9.6 ± 0.6	6.0
Alcalinidad mg L <sup>-1</sup> as CaCO <sub>3</sub>	254.3 ± 66.7	233.0 ± 96.5	119.5 ± 53.5	150
Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	356.4 ± 53.7	337.3 ± 36.8	307.8 ± 24.9	360
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg L <sup>-1</sup>	12.5 ± 4.1	12.0 ± 4.1	8.0 ± 3.6	500
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.8 ± 1.3	2.3 ± 1.9	3.5 ± 2.2	30
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	1.0 ± 2.3	2.3 ± 4.9	4.5 ± 3.2	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	27.9 ± 14.4	30.7 ± 14.9	7.5 ± 10.3	40
B mg L <sup>-1</sup>	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.75

# EVOLUCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DEPURADA (VEGA DE MACHÍN)

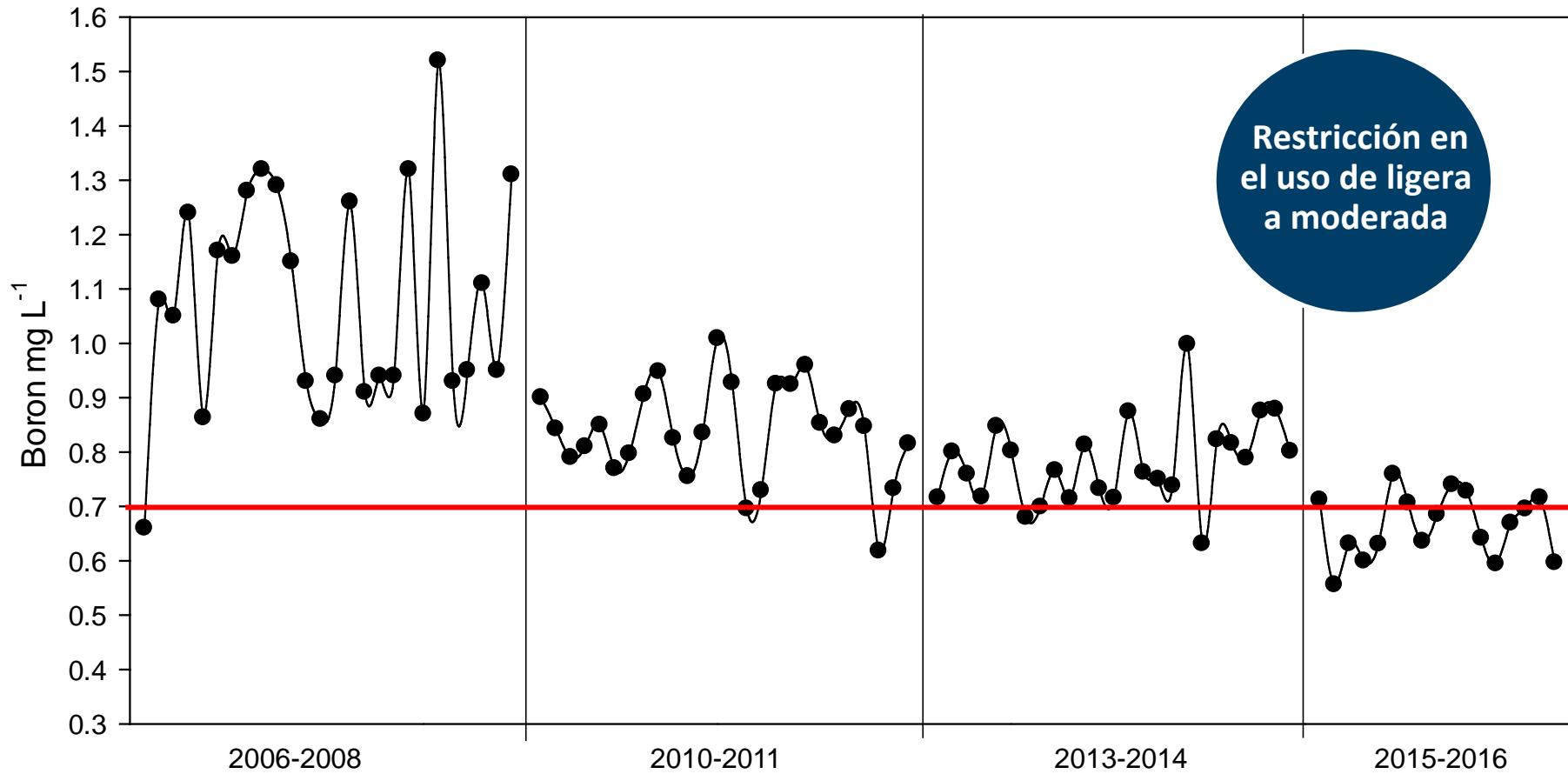
PERIODO 2006-2016;  $n \approx 94$



## EVOLUCIÓN DEL SAR DEL AGUA DEPURADA (VEGA DE MACHÍN) PERÍODO 2006-2016; $n \approx 94$



# EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE BORO DEL AGUA DEPURADA (VEGA DE MACHÍN) PERÍODO 2006-2016; n ≈ 94



➤ Conclusiones para aguas depuradas:

En las condiciones actuales las aguas depuradas analizadas cumplen los requisitos de una calidad 2.1. y 2.2 establecidos en el Real Decreto 1620/2007. No obstante la calidad del agua depurada debe ser mejorada sustancialmente en:

- Niveles de sales
- Desequilibrios entre cationes
- Eliminar picos de contaminación biológica
- Disminuir la carga orgánica mediante métodos biológicos y/o físico-químicos

**GRACIAS**

**¿PREGUNTAS?**