



ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS NO CONVENCIONALES (AGUAS REGENERADAS Y DESALINIZADAS) PARA RIEGO AGRÍCOLA EN LA ISLA DE LANZAROTE



Material y métodos

I.- MUESTRO DE AGUAS (bocas de riego en fincas agrícolas)
desde octubre-2013 a diciembre-2014 con periodicidad semanal o quincenal

- **AGUA DESALINIZADA (AD).** Planta desalinizadora Punta de los Vientos
- Zonzamas (ADZ)
- Tías (ADT)
- Vega de Machín (ADM)

- **AGUA REGENERADA DE ORIGEN URBANO** con tratamiento terciario (AR) EDAR1 (Arrecife) y EDAR2 (Tías)
- Zonzamas (ARZ)
- Tías (ART)
- Vega de Machín (ARM)

Nuestro agradecimiento al personal de la Granja Agrícola del Cabildo por su colaboración en la toma y envío de muestras. GRACIAS

II.- PARAMETROS ANALIZADOS

PARÁMETROS ANALIZADOS

- **Semanal.-** *E. coli*, sólidos totales en suspensión y turbidez
- **Quincenal.-** Análisis completo

- Conductividad eléctrica (EC)
- pH
- Cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+)
- Aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^-)
- Boro (B)

- Sólidos totales en suspensión (STS)
- Turbidez
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO)
- *E. coli* (ufc/100 ml)
- Huevos de Nematodos en 10 l de agua

Todos los análisis de ha realizado según métodos oficiales.

Ha colaborado en los análisis microbiológicos el Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y de Salud Pública de la Universidad de La Laguna

ESTUDIO COMPARATIVO 2010-2011 y 2013-2014 AGUAS DESALINIZADAS (Media±DE)

Parámetro	Zonzamas (ADZ)		Tías (ADT)		Vega de Machín (ADM)	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
pH	7.1±0.6	6.6±0.3	7.0±0.7	6.7±0.3	7.2±0.8	6.5±0.3
CE (μScm^{-1})	553±54	959±354	554±310	950±310	541±58	991±310
RAS (meqL^{-1}) ^{0.5}	6±1	9±2	7±1	9±2	7±1	9±2
Na ⁺ (meqL^{-1})	3.7±0.4	7.1±2.7	3.8±0.4	6.9±2.3	3.7±0.3	7.3±2.4
Cl ⁻ (meqL^{-1})	4.4±0.5	7.9±3.1	4.5±0.5	7.8±0.7	4.4±0.4	8.2±2.8
B (mgL ⁻¹)	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1	0.6±0.1

GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO (Ayers y Wescot, 1984): DEBIL A MODERADO

AGUAS DESALINIZADAS
Valores mínimos y máximos

Parámetro	Zonzamas		Tías		Vega Machín	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
pH	6.1-8.3	6.1-7.4	5.2-8.6	6.1-7.5	5.6-8.8	5.9-7.3
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	478-677	543-1662	476-694	578-1543	428-664	660-1544
RAS (meq L^{-1}) ^{0.5}	4-8	7-14	4-8	6-13	4-9	5-13
Na ⁺ (meq L^{-1})	3.2-4.8	4.0-12.9	3.2-4.9	4.3-11.6	3.4-4.7	4.7-11.4
Cl ⁻ (meq L^{-1})	3.7-5.5	4.4-13.6	3.8-5.6	4.8-12.8	3.4-5.4	5.4-13.8

Boro de las aguas desalinizadas y valores guías (2013-2014)

	CLP		CCP		Zonzamas	Tías	Vega de Machín
	EPA	NZ	EPA	NZ	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx
B (mg L⁻¹)	0.75	0.5	2.0	2.0	0.49-0.86	0.52-0.84	0.48-0.87

CLP = Largo plazo (100 años).

CCP = Corto plazo (20 años)

EPA = Guía de la USEPA

NZ = Guía de Nueva Zelanda

ESTUDIO COMPARATIVO 2010-2011 y 2013-2014 AGUAS REGENERADAS (Media±DE)

Parámetro	Zonzamas (ADZ)		Tías (ADT)		Vega de Machín (ADM)	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
pH	7.2±0.2	7.2±0.3	7.1±0.3	7.1±0.2	7.1±0.3	7.3±0.3
CE (μScm^{-1})	1451±256	1825±418	1495±228	1702±240	1442±192	1936±283
RAS (meqL^{-1}) ^{0.5}	9±1	11±2	10±1	12±2	9±1	11±1
Na ⁺ (meqL^{-1})	8.7±1.9	11.7±3.1	9.4±1.8	12.2±2.1	8.8±1.6	12.1±2.5
Cl ⁻ (meqL^{-1})	8.6±2.1	12.0±3.3	9.9±2.0	12.3±2.1	9.0±1.9	12.6±3.5
B (mgL ⁻¹)	0.8±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1	0.8±0.1

AGUAS REGENERADAS
Valores mínimos y máximos

Parámetro	Zonzamas		Tías		Vega Machín	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
pH	6.8-76	6.4-7.7	6.3-7.6	6.8-7.8	6.4-7-7	6.8-7.7
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1156-2330	718-2600	1205-2080	1438-2270	1203-1928	1538-2660
RAS (meq L^{-1}) ^{0.5}	8-12	8-15	8-12	10-18	7-13	9-15
P- PO_4^{3-}	0-4.7	0-7.9	0-9.2	0-13.9	0-8.7	0.2-10
N- NO_3^-	1-28.3	0-15.9	0-26.5	0.2-19.1	1.9-30.8	0-15
N- NO_2^-	0-8.2	0-9.3	0-8.2	0-6.3	0-8.3	0-23.5
N- NH_4^+	0-38.9	0-43.4	0-27.4	0-37.2	14-16.7	5.0-44.0

Boro de las aguas regeneradas y valores guía (2013-2014)

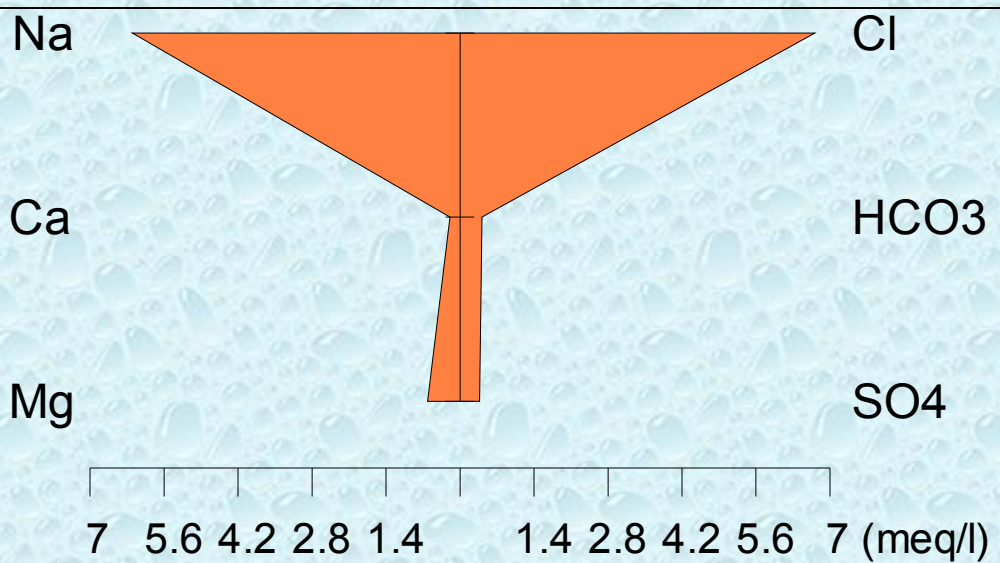
B (mg L⁻¹)	CLP		CCP		Zonzamas	Tías	Vega Machín
	EPA	NZ	EPA	NZ	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx
	0.75	0.5	2.0	2.0	0.57-1.04	0.53-0.96	0.63-1.00

CLP = Largo plazo (100 años).

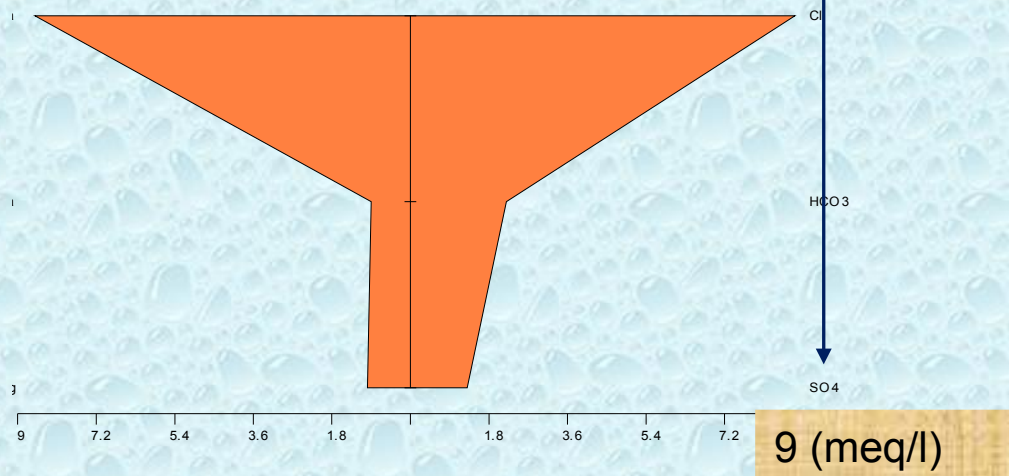
CCP = Corto plazo (20 años)

EPA = Guía de la USEPA.

NZ = Guía de Nueva Zelanda



Agua Desalinizada



Agua Regenerada

REAL DECRETO 1620/2007 (BOE nº 294)

- **Marca los criterios de calidad que deben cumplir estas aguas para diversos usos, entre ellos el agrícola. Se diferencian tres calidades de agua según:**

Calidad 2.1. Contacto directo con las partes comestibles para alimentación humana en fresco

Calidad 2.2. Cuando el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial, pastos para consumo de animales productores de leche o carne, acuicultura y

Calidad 2.3. Cultivos leñosos, de flores ornamentales, viveros, forrajes, ensilados, cereales y semillas oleaginosas.

- **Parámetros obligatorios**

- nemátodos intestinales, *Escherichia coli*, sólidos en suspensión y turbidez
- valores máximos y límites de desviación máxima

- **Periodicidad de los análisis:**

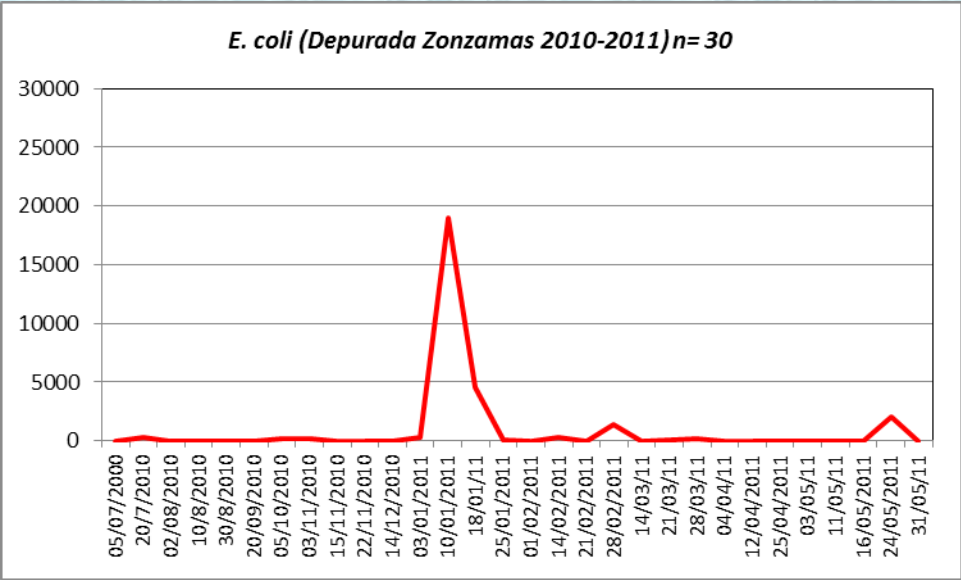
- quincenal: nematodos intestinales
- semanal para *Escherichia coli*, sólidos en suspensión y turbidez

AGUAS REGENERADAS

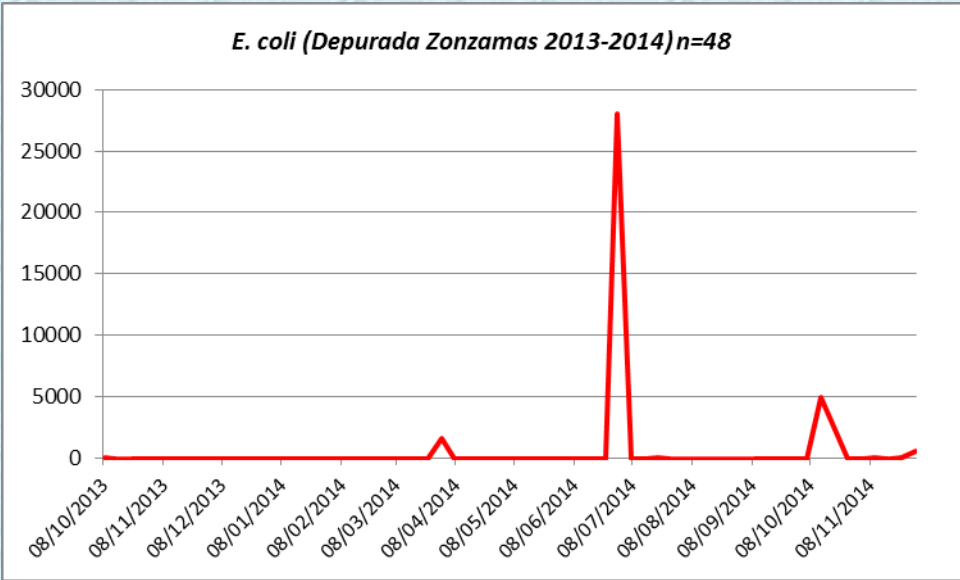
Valores mínimos y máximos

parámetro \ periodo	Zonzamas		Tías		Vega Machín	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
DQO (mgL ⁻¹)	16 - 36	2 - 209	12 - 45	9-234	9-45	24 - 92
DBO (mgL ⁻¹)	0 - 28	3 - 99	0 - 26	2 - 31	0 - 22	1 - 33
Turbidez (UNT)	0.3 - 2.0	0.8 - 36.2	0.3 - 3.0	1.2 - 30.9	0.4 - 3.0	1.8 - 12.9
SST (mgL ⁻¹)	0 - 21.3	0 - 19.2	0 - 6.5	0 - 70.7	0 - 64	0 - 13.3

R.D. (VMA)	Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	Sólidos en suspensión	Turbidez
Calidad 2.1	1 huevo/10L	100 ufc/100ml	20 mg/L	10 UNT
Calidad 2.2	1 huevo/10L	1000 ufc/100ml	35 mg/L	No se fija límite
Calidad 2.3	1 huevo/10L	10000 ufc/100ml	35 mg/L	No se fija límite
Límite de desv. Máx.	100% del VMA	1 unidad logarítmica	50% del VMA	100% del VMA



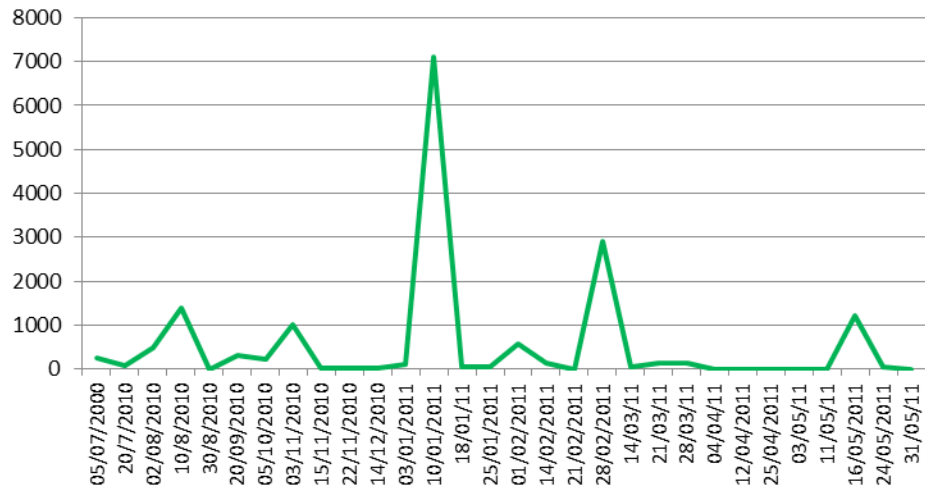
2010-11



2013-14

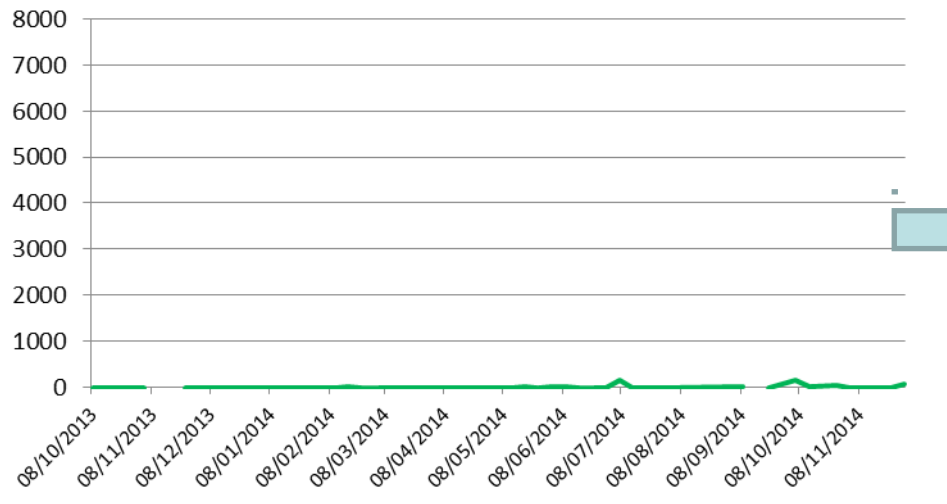
2010-11

E. coli (Depuradora Tías 2010-2011) n=30

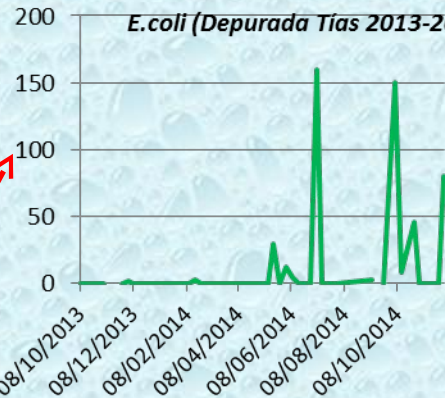


2013-14

E. coli (Depurada Tías 2013-2014) n=46

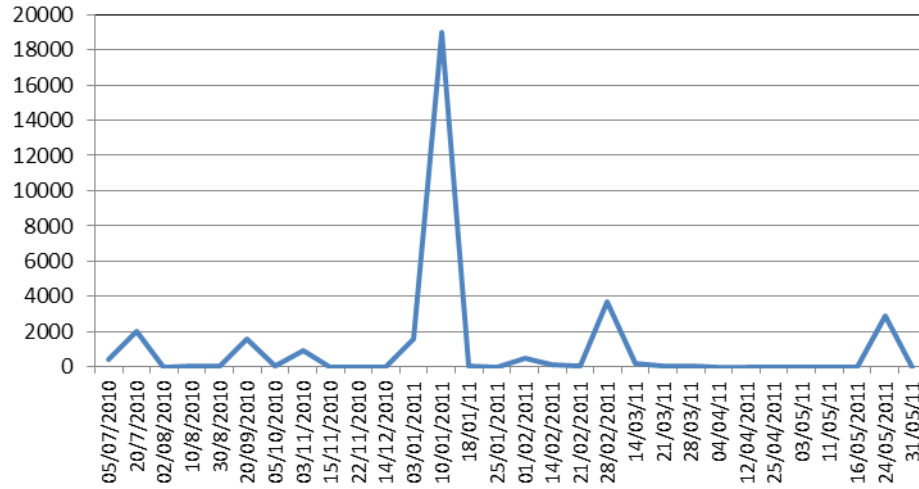


E. coli (Depurada Tías 2013-2014)



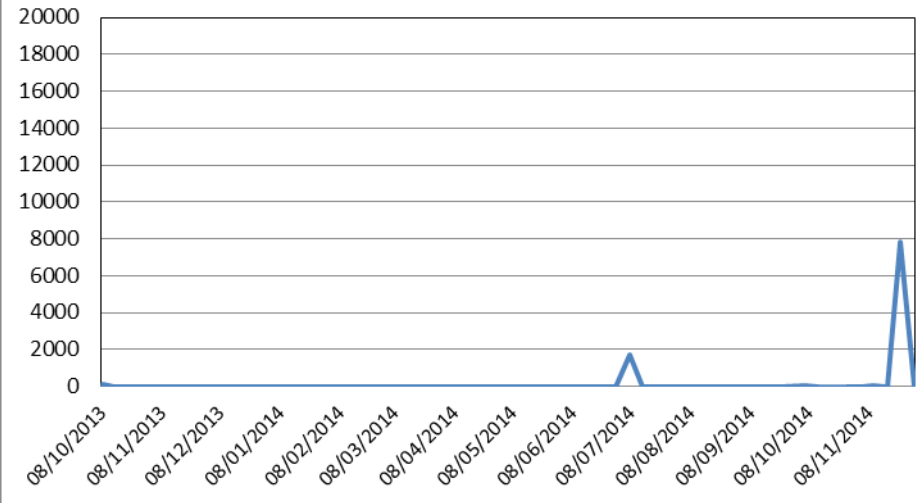
100

***E. coli* (Depurada Vega de Machin 2010-2011) n=30**



2010-11

***E. coli* (Depurada Vega de Machin 2013-2014) n=48**



2013-14

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS AGUAS REGENERADAS

- *Escherichia coli*

- Variación entre muestreos y entre las zonas de estudio

- Cumple que el 90% de las muestras valores inferiores a los VMA durante el periodo de estudio. Se superan en algunos casos los valores máximos admisibles no sólo para la calidad 2.1 (**100 UFC/100 mL**) sino también para la 2.2 (**1.000 UFC/mL**)

- En algunos controles puntuales se ha superado no sólo el valor máximo admisible sino el límite de desviación máxima aceptable tanto para la calidad 2.1 como 2.2. La de Tías es la que presentó mayor calidad.

→ **suspensión del suministro**

	<i>E. coli</i> (ufc 100 ml)	<i>E. coli</i> (ufc 100 ml)	<i>E. coli</i> (ufc 100 ml)
Zonzamas	1600 (31/3/2013)	28000 (30/6/2014)	5000 (13/10/2014)
Vega de Machín	1700 (7/7/2014)	7800 (24/11/14)	

* **DBO** (valor límite 10 mg L⁻¹)

La media de las aguas es 16 mg L⁻¹.

* **Sólidos en Suspensión** (20 mg L⁻¹ calidad 2.1 y 35 en calidad 2.2. y 2.3)

La media no plantea problemas. El máximo se alcanza en Tías (71mg L⁻¹) se sobrepasa el límite de desviación máxima permisible para todas las calidades

* **Nitritos y amonio**

- Valores excesivos para aguas que teóricamente han sido sometidas a un tratamiento avanzado

* **Turbidez** (10 UNT para calidad 2.1)

- Las medias no superan este valor, sin embargo el valor máximo de Tías y Zonzamas excede del límite de desviación máxima.

* **Nemátodos intestinales**

- No se han detectado

Aguas Desalinizadas

- Grado de restricción para su uso agrícola de ligero a moderado
- Se observa un aumento de la salinidad y de los valores de cloruros y sodio
- Respecto al boro las consideraciones varían mucho dependiendo del valor que se utilice, sea el mínimo, la media o el máximo
- Se trata de aguas muy agresivas con valores negativos del índice de Langelier con valores máximos de -3.1
- Los análisis microbiológicos de *Escherichia coli*, así como de Nematodos intestinales han sido negativos en todos los muestreos realizados

Aguas Regeneradas

- Baja aptitud para el riego, debido a elevados valores de salinidad, sodicidad, cloruros y boro → degradación del suelo a medio-largo plazo
- Gran variabilidad en su composición lo que dificulta las recomendaciones de manejo
- En los aspectos sanitarios de la reutilización agrícola de las aguas regeneradas se ajustan, en general, a las calidades 2.1. y 2.2., no obstante, se observan incumplimientos muy graves que obligarían a la suspensión del suministro
 - Se superan en algunos casos los máximos admisibles de *E. coli* tanto para la calidad 2.1 como 2.2., sin llegar a afectar al 90% de los muestreos. En algunos controles se ha superado también el límite de desviación máxima aceptable para las dos calidades
 - Los valores máximos observados de sólidos en suspensión sobrepasan el límite de desviación máxima permisible para el tipo de uso 2.1.
 - DBO por encima de lo recomendado para aguas de uso agrícola, valores elevados de nitritos y amonio, → en ocasiones parece que estas aguas no han sido sometidas al tratamiento avanzado que se les atribuye

Sugerencias

- El uso de las aguas regeneradas para la agricultura en la isla de Lanzarote es fundamental si se quiere desarrollar este sector con cierta rentabilidad, para ello es imprescindible:
 - Un seguimiento más estricto de la depuración con especial énfasis en los aspectos sanitarios contemplados en el Real Decreto.
 - Control riguroso y permanente de la calidad microbiológica del agua, dadas las variaciones que se pueden producir en un corto periodo de tiempo
 - Control de la calidad y variabilidad de los niveles de los parámetros físico-químicos

Este conocimiento es básico para las recomendaciones de manejo del riego

- No se recomienda el uso de riego por aspersión cuando se utiliza agua regenerada
- Es aconsejable que el control de la calidad microbiológica de estas aguas se realice no sólo a la salida de la depuradora sino también en los puntos donde se va a realizar el riego

En definitiva,

-el desarrollo agrícola de Lanzarote va inexorablemente ligado, además de al suelo y a los sistemas agrícolas tradicionales, al uso de recursos hídricos no convencionales, pues ello supone una mayor diversificación de cultivos, mayor producción y rentabilidad.

-esta reutilización reduce la posibilidad de contaminación del litoral por aguas que pueden tener una carga contaminante.

- debe hacerse con un mayor control de la calidad de las aguas, pues de continuar con la actual existen importantes riesgos de pérdida del suelo que llevaría a medio plazo a su degradación y a una situación de difícil recuperación.

Es importante que no se pierda el carácter de sostenibilidad que han tenido hasta el momento estos agrosistemas en condiciones de secano.