



Consejería de Agricultura y Agua  
Fundación Séneca  
Agencia Regional de Ciencia y Tecnología



*Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación*  
*Área de Medioambiente*



## **Reutilización agrícola de aguas procedentes de la industria de la conserva vegetal-2ª FASE**

---

**Efecto de la utilización de aguas depuradas del sector de transformados vegetales sobre la sanidad de suelo y planta**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1- Objetivo .....	3
2. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO .....	3
3. RESULTADOS .....	6
3.1- Análisis sanitario y nutricional de las aguas empleadas .....	6
3.2- Análisis del cultivo de tomate y de la calidad sanitaria del suelo .....	11
4. CONCLUSIONES .....	17

## 1.- INTRODUCCION

El agua es indiscutiblemente un recurso natural que condiciona el desarrollo económico de las ciudades y pueblos. Hasta hace muy poco tiempo el agua se consideraba como un recurso natural inagotable, pero el actual ritmo de crecimiento de las poblaciones y el desarrollo de la actividad industrial ha hecho que este recurso se haya visto mermado principalmente en las zonas más áridas. La necesidad de su disponibilidad continua ha exigido el desarrollo de métodos de reutilización de aguas procedentes de diversas industrias. En el sector de transformados vegetales se generan efluentes que tras procesos de tratamientos primarios pueden utilizarse para el riego agrícola.

En relación a la legislación vigente debemos nombrar el **Real Decreto 1620/2007, de 7 de Diciembre**, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, y que define los criterios de calidad exigidos para la reutilización de las aguas depuradas cuya finalidad sea el uso agrícola. Este Real Decreto exige unos valores máximos admisibles para la presencia de nemátodos intestinales y *Escherichia coli*, así como, valores máximos admisibles para sólidos en suspensión y turbidez. Estos valores dependerán del uso que le demos al agua de riego en función de su contacto o no con las partes comestibles para alimentación humana.

Centrándonos en el caso de *Escherichia coli*, el Real Decreto 1620/2007, nos da valores máximos admisibles de 200 ufc/100 mL para el riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua depurada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco. Mientras que, para el riego de productos para consumo humano con un tratamiento industrial posterior, y utilizando un sistema de aplicación de agua que no evite el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, este valor es de 1000 ufc/100 mL. Además de este parámetro existen otros parámetros microbiológicos que deberían de tenerse en cuenta dado el efecto que estos pueden tener sobre la salud humana. Entre ellos destaca, la determinación específica de *E.Coli* O157, *Salmonella* sp, Clostridios sulfito reductores y estreptococos fecales. La medida de estos parámetros tanto en las aguas como en su evolución o supervivencia en el suelo permitirían establecer una mayor seguridad en el empleo de estas aguas.

Por todo esto, se hace necesario **vigilar la calidad sanitaria del efluente final**, atendiendo a los niveles de estos parámetros biológicos de naturaleza patogénico, sin dejar de lado otros parámetros negativos como podría exceso de sales, elevada DQO

que produzca una inmovilización de nutrientes que impida un adecuado crecimiento de la plantas, ya que la materia orgánica incorporada permita el desarrollo de una microbiota natural que compita por los nutrientes. Además también es de destacar que estas aguas también pueden tener nutrientes beneficiosos para el crecimiento de plantas tales como es el contenido en macro y micronutrientes. De modo que lo más plausible para el empleo de estas aguas para riego es el establecimiento de análisis periódicos que nos permita asegurar la inexistencia de riesgos como los mencionados, así como el que el contenido de nutrientes pueda permitir el ahorro de parte de las aportaciones de fertilizantes químicos.

### 1.1.- OBJETIVO

**El objetivo principal** de este trabajo fue estudiar **el efecto del riego de aguas residuales**, tratadas y no, **de la industria agroalimentaria** sobre el cultivo de plantas de tomate, haciendo un estudio especial en la calidad sanitaria de las mismas y su efecto sobre la potencial supervivencia de microorganismos patógenos en el suelo como consecuencia de la aplicación de las distintas aguas de riego.

## 2.- DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

El ensayo se realizó en los invernaderos de la finca experimental La Matanza, situada en el término municipal de Santomera (Murcia) en microcosmos con el fin de poder controlar el potencial riesgo sanitario. Para ello se dispuso de microcosmos de un volumen de 5 L los cuales se rellenaron con suelo característico de esta finca, en los que se plantaron plantas de tomate, regándose con aguas residuales procedentes de distintos tipos de industria agroalimentaria, las cuales son agua de salida sin tratamiento, agua no depurada (**A**) y agua depurada (**D**); y por último su comparación con un agua control procedente del agua de riego de la finca donde se realizó el experimento (**C**). Cada uno de los tratamientos se realizó por quintuplicado con el fin de tener validez estadística para un total de 45 unidades de plantación. Las aguas de riego utilizadas fueron las obtenidas de cuatro empresas agroalimentarias con actividades diversas: Empresa 1: platos precocinados; Empresa 2: Bebidas; Empresa 3: zumos cítricos; Empresa 4: **Conservas vegetales:** alcachofa y pimiento. **Congelados vegetales:** Guisantes, pimiento, brócoli, cebolla, tomate, calabacín, apio, etc..

**Tabla 1.-** Procedencia y tratamiento de las aguas utilizadas en el ensayo

<b>Empresa</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Actividad/Campaña</b>	<b>Tratamiento antes de vertido</b>
1	1A sin depurar 1D depurada	Platos precocinados	Pretratamiento (desbaste, filtración, regulación pH y homogenización) y digestión aerobia de fangos activos
2	2A sin depurar 2D depurada	Bebidas	Pretratamiento (desbaste, regulación pH y homogenización) y digestión anaerobia y fangos activos
3	3A sin depurar 3D depurada	Zumos cítricos	Pretratamiento (desbaste, filtración, regulación pH y homogenización) y digestión aerobia de fangos activos
4	4A sin depurar 4D depurada	<b>Conservas vegetales:</b> alcachofa y pimiento.  <b>Congelados vegetales:</b> Guisantes, pimiento, brócoli, cebolla, tomate, calabacín, apio, etc.	Pretratamiento (desbaste, filtración, regulación pH y homogenización) y digestión aerobia de fangos activos

Además de los análisis de *Salmonella* sp, *Escherichia coli*, *E.Coli* O157, *Estreptococos* fecales y *Clostridios* sulfito reductores tanto en el agua como su supervivencia en el suelo; se evaluó la calidad química de las aguas empleadas, así como el efecto sobre el rendimiento de planta mediante la medida de peso fresco y peso seco, y contenido en clorofilas. Los análisis de agua se realizaban cada vez que se empleó el agua de riego, mientras que el análisis de suelo se realizó al inicio, a los 29 y 42 días del cultivo. El peso fresco y peso seco se realizó al final del cultivo tras el corte del mismo.

Los métodos empleados para la determinación de microorganismos patógenos han sido:

- *E.Coli* sp.

Se realizan diluciones con agua destilada y seriadas 1/10 (w/v), para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC). Las diluciones se filtran con una bomba de vacío. Se coloca el filtro en placa Petri con medio Agar Tripton Bilis con X-Glucuronido (agar TBX, Scharlau, Barcelona, España). A continuación, las placas se incuban durante 24h a 37° C. Las colonias de *E.Coli* sp. aparecen en color azul.

- *E.Coli* O157

Se realizan diluciones con agua destilada y seriadas 1/10 (w/v), para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC). Las diluciones se filtran con una bomba de vacío. Se coloca el filtro en placa Petri con medio Agar MacConkey Sorbitol (Agar CT-SMAC, Bioser, Barcelona, España). Se incuban las placas durante 24h a 37° C. Las colonias de *E.Coli* O157 son incoloras, en ocasiones con un halo naranja.

- *Salmonella* sp.

- 1) Se introduce 25ml de muestra en un medio no selectivo, formado por agua de peptona tamponada (BPW, Scharlau, Barcelona, España). A continuación, se somete a incubación durante 24h a 37° C.
- 2) Se pasan 100 µL del medio anterior a un medio selectivo llamado caldo Rappaport-Vassiliadis y Soya (Conda, Madrid, España). Se incuba a 42° C durante 24h y en agitación.
- 3) Se inocula la muestra en placas cromogénicas (CHROMAgar Salmonella plus, Scharlau, Barcelona, España) y se incuba durante 24h a 37° C. Las colonias son de color rosado a lila.

- *Clostridium perfringens*

Se realizan diluciones con agua destilada y seriadas 1/10 (w/v), para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC). Las diluciones se filtran con una bomba de vacío. Se coloca el filtro en placa Petri y se añade medio agar TSC, que contiene agar triptosa sulfito cicloserina (agar TSC, Merck, Barcelona, España). A continuación, las placas se incuban durante 24h a 37° C en condiciones anaeróbicas (anaerobiosis Oxoid Kit, Cambridge, UK). Las colonias de *Clostridium perfringens* aparecen en color negro.

- *Streptococcus faecalis*

Se realizan diluciones con agua destilada y seriadas 1/10 (w/v), para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC). Las diluciones se filtran con una bomba de vacío. Se coloca el filtro en placa Petri con medio KF Agar Streptococcus (agar KF, Conda, Madrid, España). A continuación, las placas se

incubaban durante 48h a 37° C. Las colonias de *Streptococcus faecalis* aparecen en color rojo.

Los métodos para la determinaciones físico-químicas y químicas han sido:

Para el agua medida de Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B, P, S, Al, Pb, Cd, Cr, Ni (método de ICP-OES, espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente); la conductividad eléctrica (método de conductivimetría), turbidez (método infrarrojo), pH (método de electrometría), DQO (dicromato potásico como agente químico oxidante).

Para el suelo se ha determinado Nitrógeno (método Kjeldahl) y los elementos Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B, P, S, Al, Pb, Cd, Cr, Ni, al igual que en el caso de las aguas, pero tras una previa digestión nítrico-perclórica, conductividad eléctrica (método de conductivimetría), humedad (estufa de aire 60°C 24 h), pH (método de electrometría), materia orgánica oxidable (oxidación con dicromato), materia orgánica total (calcinación 500° C 5h).

### **3.- RESULTADOS**

#### **3.1- Análisis sanitario y nutricional de las aguas empleadas**

Las aguas analizadas mostraron una variabilidad dependiendo de la toma realizada durante el ensayo, debido a que durante el mismo el procesado vegetal realizado en la empresa no es el mismo, así como que el tipo de producto no se procesa. En la Tabla 1, además de mostrar el contenido en *Escherichia coli*, se ha profundizado el estudio analizando una de las cepas más virulentas dentro de esta especie *Escherichia coli* 0157, así como la presencia/ausencia de Salmonella, Clostridios sulfito reductores y estreptococos fecales. De aquí podemos destacar que si bien los niveles de E coli son altos tanto antes como después del sistema de depuración, en ningún caso se presenta la cepa virulenta 0157. Por tanto si atendemos a legislación, exceptuando las aguas 1D y 4D que tienen valores de <1000 ufc/100 mL, estas aguas no serían adecuadas para su uso en 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 según la Legislación vigente, ya que se exige que *Escherichia coli* sp. tenga valores inferiores a 200 ufc/100 mL. Las aguas 1D y 4D podrían utilizarse para 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, que se exige en la Legislación vigente un máximo de 1000 ufc/100 mL. En ninguna de las aguas ensayadas se presentó *Salmonella*, y en cuanto a los otros dos parámetros indicar que si bien presentaban niveles considerables, el sistema de depuración en general era capaz de reducir estos niveles, para *Streptococcus faecalis* vemos que en la empresa 1 hay una reducción de los microorganismos del orden de 3 unidades y en la empresa 2 es del orden de 2 unidades. Con las empresas 2 y 3 no se observa la reducción de microorganismos patógenos. En *Clostridium perfringens* se repite la misma tendencia pero con una menor eliminación puesto que estos últimos tienen una capacidad de resistencia mayor al producir esporas de resistencia.

**Tabla 1.** Contenido medio de microorganismos patógenos de las distintas aguas utilizadas (*Salmonella*: ausencia/presencia y el resto ufc en 100 mL)

Tratamiento	Salmonella	E.coli	E coli O157	Clostridium perfringens	Estreptococos fecales
1A	Negativa	2,9-6,0 10 <sup>3</sup>	<1	1,4-2,1 10 <sup>3</sup>	0,35-1,32 10 <sup>4</sup>
1D	Negativa	0,27-8,0 10 <sup>2</sup>	<1	0.1 -1 10 <sup>3</sup>	0,001-3,95 10 <sup>3</sup>
2A	Negativa	0,35-7,25 10 <sup>4</sup>	<1	0,22-1,05 10 <sup>4</sup>	0,72-3,59 10 <sup>5</sup>
2D	Negativa	0,31 5,15 10 <sup>4</sup>	<1	1,13- 2,5 10 <sup>3</sup>	0,49-1,17 10 <sup>3</sup>
3A	Negativa	0,35-1,55*10 <sup>4</sup>	<1	0,75-1,52 10 <sup>3</sup>	0,17-1,7 10 <sup>4</sup>
3D	Negativa	0,11-1,4 10 <sup>4</sup>	<1	0,15-2,28 10 <sup>3</sup>	0,12-1,4 10 <sup>3</sup>
4A	Negativa	0,17-1,18 10 <sup>4</sup>	<1	0,24-2,44 10 <sup>3</sup>	1,27-3,48 10 <sup>4</sup>
4D	Negativa	0,52-5,7 10 <sup>2</sup>	<1	0,02-3,4 10 <sup>2</sup>	0,15-2,3 10 <sup>3</sup>
C	Negativa	<1	<1	<1	<1

Los análisis realizados a las aguas de riego utilizadas en el ensayo mostraron la **ausencia de metales pesados** en todas las aguas utilizadas (No se muestran datos). Los valores de macronutrientes (Tabla 2) y micronutrientes (Tabla 3) indicaron valores elevados de calcio en el agua de la empresa 4 (> 210 ppm) que puede dar lugar a la utilización del agua sólo en plantas tolerantes y en suelos de textura fina con gran capacidad de drenaje. El valor elevado de azufre presente en el agua de esta misma empresa (> 430 ppm) también puede dar lugar a crecimientos lentos o clorosis de las hojas.



De los **micronutrientes** (Tabla 3) podemos destacar el **exceso de sodio (300 ppm < Na > 800 ppm)** en las aguas de todas las empresas, que puede dar lugar a toxicidad en las plantas y a un desequilibrio entre las distintas sales necesarias para el óptimo crecimiento de la planta. El agua control es deficitaria en potasio (< 3 ppm) pero muestra una cantidad de sodio adecuada (42,66 ppm) (Tabla 2) frente al sodio presente en el resto de aguas (Tabla 3).

**Tabla 2.-** Contenido de macronutrientes de las aguas residuales procedentes de la industria de transformados vegetales

Agua	Macronutrientes (ppm)				
	Ca	K	Mg	P	S
1A	49,12	28,28	22,92	16,93	73,25
2A	46,09	28,46	28,36	89,93	83,10
3A	74,13	46,44	37,31	5,69	109,50
4A	212,90	166,30	141,20	10,73	435,20
1D	55,17	35,27	25,50	11,71	77,43
2D	50,95	80,76	47,87	51,11	156,00
3D	53,21	70,68	28,09	0,94	78,22
4D	249,62	174,50	167,90	2,22	538,20
C	69,99	2,98	30,36	<0.1	77,75

**Tabla 3.-** Contenido de micronutrientes de las aguas residuales procedentes de la industria de transformados vegetales

Agua	Micronutrientes (ppm)							
	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Na	Ni	Zn
1A	0,27	<0.01	0,01	0,57	0,02	297,20	0,01	0,20
2A	0,44	<0.01	0,01	0,26	0,02	604,30	0,01	0,11
3A	0,38	0,01	0,02	0,60	0,02	719,90	0,01	0,04
4A	0,50	<0.01	0,01	0,36	0,05	486,50	0,01	0,12
1D	0,20	<0.01	<0.01	0,32	<0.01	388,90	<0.01	0,06
2D	0,43	<0.01	<0.01	<0.1	0,01	591,80	0,01	0,02
3D	0,01	0,01	<0.01	0,40	0,01	796,60	<0.01	0,05
4D	0,60	<0.01	<0.01	<0.1	<0.01	543,70	<0.01	<0.01
C	0,08	<0.01	<0.01	<0.1	<0.01	42,66	<0.01	0,02

Los valores de **conductividad** de las aguas utilizadas mostraron valores por encima de los 3000 mS/m en las aguas provenientes de las empresas 3 y 4 (Tabla 4), que indica que son aguas de mala calidad, salinas, que sólo se pueden utilizar con plantas de extremada dureza y tolerancia y en suelos muy bien drenados. Las tomateras son plantas de elevada resistencia pero por encima de los 3000 mS/m las hojas pueden curvarse hacia su interior. El agua procedente de la empresa 4 sería la menos idónea para el riego, siendo el agua de la empresa 1 la mejor al tener una conductividad menor que el resto (Tabla 4).

El rango óptimo de **pH** para los cultivos de tomate es de 5,0-6,5, ya que dentro de estos valores la casi totalidad de los nutrientes está en forma directamente asimilable por las plantas. Valores de pH por encima de 6,5 implica la formación de precipitados y por tanto, los nutrientes no se encontraran en forma asimilable por las plantas. Es el caso del hierro, manganeso, zinc y cobre, nutrientes deficitarios en plantas regadas con aguas alcalinas. Estas aguas pueden presentar también exceso de sodio y boro. En aguas con pH ácidos se dificulta la absorción de calcio, magnesio y potasio y aumentará la concentración de aluminio y manganeso. Observamos que las aguas decantadas tienen pH más elevados que las aguas no decantadas. El agua idónea sería la 3A ( $5,06 < \text{pH} > 6,87$ ), sin descartar las aguas 1A ( $4,52 < \text{pH} > 6,62$ ) y 2A ( $4,89 < \text{pH} > 6,29$ ), que también presentan valores dentro de un rango aceptable (Tabla 4).

La demanda química de oxígeno (**DQO**) es elevada para las aguas de entrada de todas las empresas ( $1800 < \text{DQO} > 6800$ ), presentando valores bajos para las correspondientes aguas de salidas ( $< 100 < \text{DQO} > 690$ ). Esto demuestra que los distintos tratamientos de depuración empleados son adecuados en cuanto a la disminución de su carga orgánica; por tanto, todas las aguas de salida D serían buenas para el riego, destacando de todas ellas el agua procedente de la empresa 1 ( $< 100 < \text{DQO} > 104$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4-** Parámetros físico-químicos de las aguas residuales procedentes de la industria de transformados vegetales

<b>AGUA 1A</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
Conductividad	mS/m	1445 – 1760
Turbidez	UNT	285 – 567
pH	pH	4,52 - 6,62
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	1816 – 2792
<b>AGUA 1D</b>		
Conductividad	mS/m	1896 – 2560
Turbidez	UNT	1,39 - 2,51
pH	pH	7,65 - 7,89
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	104 - < 100
<b>AGUA 2A</b>		
Conductividad	mS/m	775 – 2580
Turbidez	UNT	209 – 522
pH	pH	4,89 - 6,29
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	2906 – 6788
<b>AGUA 2D</b>		
Conductividad	mS/m	2730 – 3280
Turbidez	UNT	225 – 480
pH	pH	7,47 - 7,76
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	360 – 581
<b>AGUA 3A</b>		
Conductividad	mS/m	2550 – 4590
Turbidez	UNT	133 – 459
pH	pH	5,06 - 6,87
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	2028 – 5103
<b>AGUA 3D</b>		
Conductividad	mS/m	3030 – 4130
Turbidez	UNT	13,4 – 146
pH	pH	7,98 - 8,04
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	121 – 690
<b>AGUA 4A</b>		
Conductividad	mS/m	3980 – 4990
Turbidez	UNT	315 – 530
pH	pH	4,01 - 5,9
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	3047 – 3142
<b>AGUA 4D</b>		
Conductividad	mS/m	4300 – 5700
Turbidez	UNT	2,51 - 19,6
pH	pH	7,11 - 7,23
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	223 - < 100

### 3.2.- Análisis del cultivo de tomate y de la calidad sanitaria del suelo

El suelo empleado para el cultivo se caracterizó por ser un suelo franco-arcilloso, con un pH ligeramente básico y un contenido de materia orgánica medio-alto para los suelos de la región. El resto de parámetros analizados entrarían dentro de un rango de normalidad dentro de los suelos de la Región, considerándose este apto para el cultivo de tomate.

**Tabla 5.** Caracterización fisicoquímica y química del suelo empleado para el ensayo

Parámetro	Unidades	Suelo finca fresco	Suelo finca seco
pH	Unidad de pH	8,29	8,29
C. E. a 25 °C	µS/cm	206	206
Humedad	%	7,9	7,9
Mat. Org. oxidable	g/100g	0,7	0,76
Mat. Org. total	g/100g	5,2	5,65
Nitrógeno total	g/100g	0,13	0,14
Fósforo total	g/100g	201,3	218,57
Potasio total	g/100g	0,64	0,69
Cobre total	mg/Kg	12,5	13,57
Hierro total	mg/Kg	16625,8	18051,90
Zinc total	mg/Kg	22,4	24,32
Níquel total	mg/Kg	9,4	10,21
Plomo total	mg/Kg	4,5	4,89
Cadmio total	mg/Kg	< 0,5	< 0,5
Cromo total	mg/Kg	5,8	6,30
Cromo VI	mg/Kg	< 5,0	< 5,0
Mercurio total	mg/Kg	< 0,1	< 0,1

En cuanto a la evolución de microorganismos patógenos durante el cultivo, indicar que estos se muestrearon 3 veces durante el mismo mostrando en todos los casos ausencia de Salmonella tal y como se esperaba puesto que las aguas no lo incorporaron

**Tabla 6.** Evolución de microorganismos patógenos en el suelo regados con las aguas procedentes de las distintas industrias agroalimentarias

<b>Fecha 10/06/10</b>			
<b>Tratamiento</b>	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli sp.</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
1A 1	4,62*10 <sup>2</sup>	1,15*10 <sup>2</sup>	3,58*10 <sup>2</sup>
1D 1	<1	<1	1,45*10 <sup>2</sup>
2A 1	1,22*10 <sup>3</sup>	4,36*10 <sup>4</sup>	5,04*10 <sup>2</sup>
2D 1	8,04*10 <sup>2</sup>	2,75*10 <sup>2</sup>	6,54*10 <sup>2</sup>
3A 1	8,73*10 <sup>2</sup>	3,51*10 <sup>2</sup>	3,51*10 <sup>2</sup>
3D 1	<1	<1	1,40*10 <sup>2</sup>
4A 1	3,19*10 <sup>3</sup>	8,26*10 <sup>4</sup>	2,09*10 <sup>2</sup>
4D 1	4,92*10 <sup>2</sup>	7,99*10 <sup>2</sup>	1,23*10 <sup>2</sup>
C 1	<1	<1	2,63*10 <sup>2</sup>
<b>Fecha 19/07/10</b>			
<b>Tratamiento</b>	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli sp.</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
1A 1	7,13*10 <sup>2</sup>	1,05*10 <sup>3</sup>	5,08*10 <sup>2</sup>
1D 1	4,94*10 <sup>2</sup>	2,05*10 <sup>2</sup>	2,84*10 <sup>2</sup>
2A 1	1,09*10 <sup>4</sup>	5,56*10 <sup>3</sup>	3,61*10 <sup>2</sup>
2D 1	6,75*10 <sup>3</sup>	2,78*10 <sup>2</sup>	9,45*10 <sup>2</sup>
3A 1	1,06*10 <sup>3</sup>	8,10*10 <sup>2</sup>	1,79*10 <sup>2</sup>
3D 1	<1	<1	1,08*10 <sup>2</sup>
4A 1	1,34*10 <sup>4</sup>	9,10*10 <sup>2</sup>	4,08*10 <sup>2</sup>
4D 1	6,72*10 <sup>2</sup>	<1	1,75*10 <sup>2</sup>
C 1	<1	<1	1,05*10 <sup>2</sup>
<b>Fecha 20/07/10</b>			
<b>Tratamiento</b>	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli sp.</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
1A 1	<1	1,77*10 <sup>3</sup>	5,07*10 <sup>2</sup>
1D 1	<1	2,57*10 <sup>2</sup>	1,88*10 <sup>2</sup>
2A 1	1,39*10 <sup>2</sup>	1,62*10 <sup>3</sup>	2,84*10 <sup>2</sup>
2D 1	3,59*10 <sup>2</sup>	1,32*10 <sup>2</sup>	2,15*10 <sup>2</sup>
3A 1	1,33*10 <sup>2</sup>	1,02*10 <sup>2</sup>	1,56*10 <sup>2</sup>
3D 1	<1	<1	1,08*10 <sup>2</sup>
4A 1	1,09*10 <sup>3</sup>	8,22*10 <sup>3</sup>	1,21*10 <sup>2</sup>
4D 1	<1	<1	5,35*10 <sup>2</sup>
C 1	<1	<1	1,05*10 <sup>2</sup>

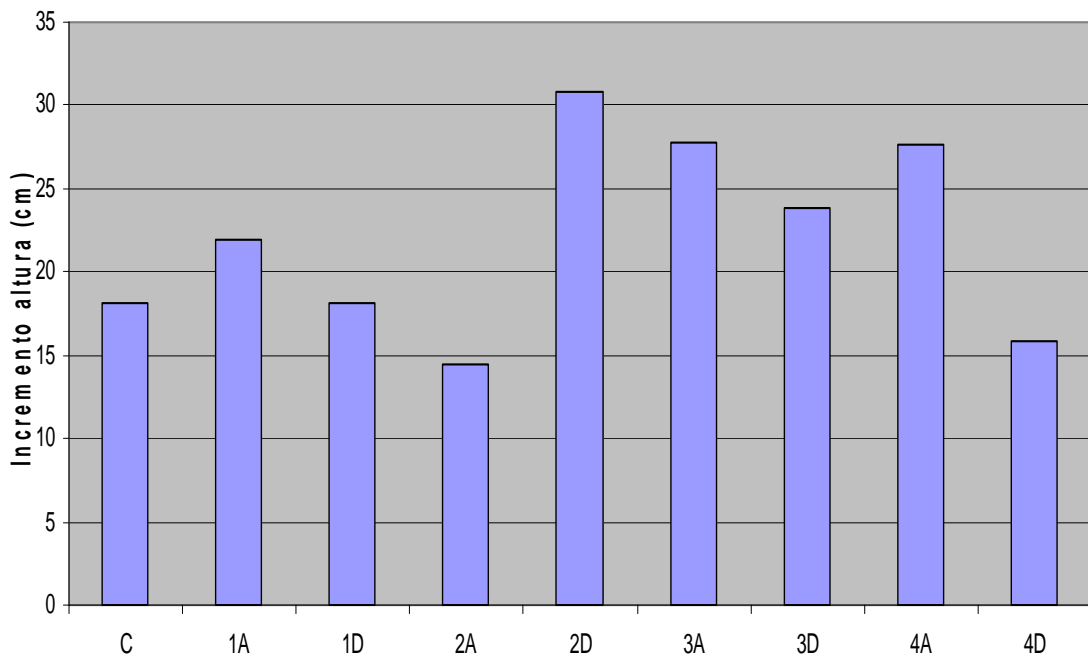
El estudio del efecto de las aguas sobre el estado sanitario de los suelos destaca la importancia de la depuración, ya que se observa en general que los suelos regados con aguas depuradas muestran un menor contenido en los microorganismos patógenos que los mismos regados con agua no depurada procedentes del mismo tipo de industria. El efecto se observa de un modo patente en las medidas de E coli y Estreptococos fecales, mientras que este efecto no se aprecia en los clostridios sulfito reductores, los cuales per se, tienen una presencia en el suelo de niveles de  $10^2$ . Estos niveles son los habituales en los suelos, lo que muestra que este microorganismo por sus características de ser anaerobio y con capacidad de formar esporas de resistencia, tiene una implantación en los suelos, no siendo afectado por el riego con este tipo de agua.

En cuanto al crecimiento de las plantas de tomate regadas con estas diferentes aguas, indicar que en general, su empleo muestra un efecto similar o mejor que el empleo del agua control, siendo el agua de la empresa 2D la que mostró un crecimiento en altura y grosor de tallo mayor, mostrando por tanto **mayor vigorosidad en las plantas** (Figura 1). El exceso de sodio presente en todas las aguas pareció no afectar en particular al crecimiento de las plantas de tomate, ya que no se han presentado síntomas de clorosis ni curvatura en las hojas de las mismas. En general, se puede afirmar que en todos los casos a excepción del agua de la empresa 2, mostraron un mayor crecimiento si el riego se realizaba con agua no depurada que con agua depurada, debido posiblemente a que de este modo se estaba realizando un aporte de nutrientes y materia orgánica que en el caso de la depuración disminuye. En la empresa 2 la situación sería a la inversa, el agua depurada sería más propicia para el crecimiento de las plantas que el agua 2ª debido a que este caso se alcanzaron DQO muy elevadas y su contenido en sodio llegó a 604,30 ppm (Tabla 3 y 4), lo que podría producir una competencia con la planta por los nutrientes por parte de los microorganismos del suelo, o bien una inhibición debido al elevado contenido de sodio.

Si nos fijamos en un dato de calidad del cultivo como es el contenido en clorofila, vemos de nuevo como el tratamiento con aguas residuales supero en todos los caso al suelo control, por lo que de nuevo se pone de manifiesto que el riego con estas aguas no tiene efecto adverso. De nuevo, los mayores valores de clorofila correspondieron al tratamiento 2D, y ahora el agua 3ª, datos que se corresponde con los dos tratamientos que mayor crecimiento en altura han mostrado. El agua 4D es el tratamiento con menor valor de mg clorofila/g peso fresco que, junto con 1D y 2A, dan lugar a las plantas menor crecimiento por el riego con aguas residuales y con el menor índice de mg clorofila/g peso fresco (Figura 2).

Por tanto, parecería plausible la utilización de aguas no depuradas para el riego siempre y cuando tuviesen cierto equilibrio y estas no presentasen riesgos para la salud humana.

**Crecimiento de las plantas control frente al crecimiento de las plantas irrigadas con las aguas residuales**

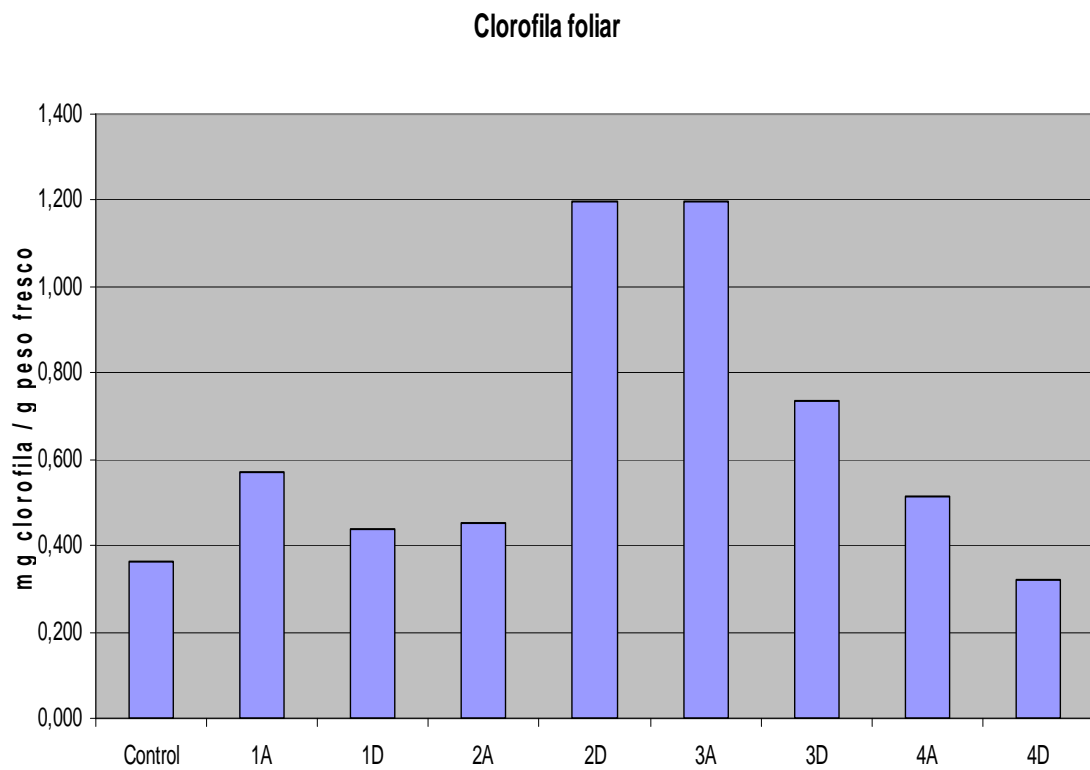


**Figura 2.-** Crecimiento de las plantas de tomate regadas con las aguas residuales provenientes de la industria de transformados vegetales frente al crecimiento de las plantas regadas con el agua control



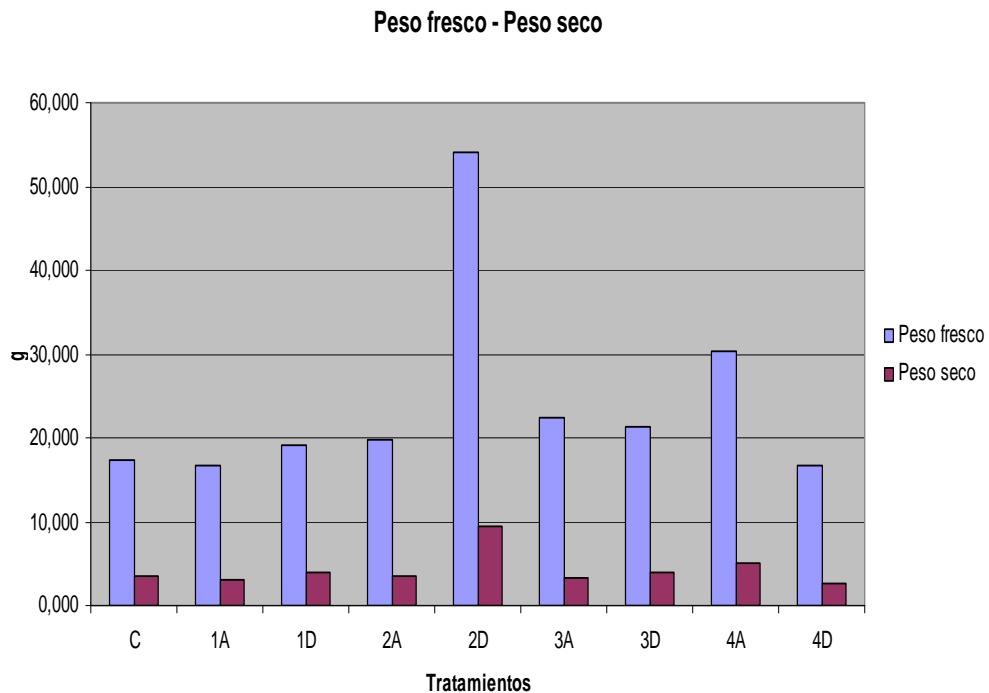
Foto comparativa planta más representativa tratamiento 2D frente a control más representativo.





**Figura 2.-** Clorofila foliar de las plantas irrigadas con el agua control y las plantas irrigadas con las aguas residuales provenientes de la industria de transformados vegetales

Si analizamos el peso fresco y peso seco de las plantas en estudio de nuevo se confirma los resultados de crecimiento durante el cultivo, que todas las aguas permitieron un cultivo adecuado para el cultivo de tomate, dando valores significativamente superiores al agua de riego control (Figura 3). Siendo de destacar como las plantas de la empresa 2D mostraron un efecto de 5 veces mayor peso que las control, y en el caso del tratamiento 4, como este mostró valores mas altos en el caso del tratamiento A que D.



**Figura 4.-** Peso fresco y peso seco de las plantas regadas con agua control y regadas con aguas residuales procedentes de la industria de transformados vegetales.

#### 4.- CONCLUSIONES

De esta primera aproximación, se puede concluir por tanto que las aguas residuales de la industria agroalimentaria pueden ser empleadas para el riego de plantas de tomate, siendo necesario una profundidad en la analítica para demostrar su bondad en cuanto a la necesidad o no de su depuración para el empleo en agricultura. Independientemente de este estudio, lo que queda patente es la necesidad de realizar análisis periódicos para poder descartar aguas que de un modo puntual o general tengan un efecto negativo sobre los cultivos o sobre la salud humana.

Se puede afirmar que, en general, el riego realizado con agua no depurada, conlleva un mayor crecimiento del cultivo que cuando utilizamos estas mismas aguas depuradas, debido posiblemente a que de este modo se estaba realizando un aporte de nutrientes y materia orgánica.

En todo caso la utilización de aguas depuradas provoca un menor impacto en el suelo respecto al menor contenido en microorganismos patógenos que los observados en los mismos suelos regados con agua no depurada.