

## Deliverable B.1

# DETAILED REPORT OF THE CHARACTERIZATION OF WASTE NUTRIENT SOLUTION FOR CLOSE CYCLE SOILLESS TOMATO PRODUCTION OF 15 GREENHOUSES

“INFORME DETALLADO SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DRENAJE PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN CULTIVO SIN SUELO DE 15 INVERNADEROS”

<b>Action</b>	B.1	Characterization of nutrient cycle for soilless tomato production
<b>Dissemination level<sup>1</sup></b>	CO	
<b>Nature<sup>2</sup></b>	R	
<b>Due delivery date</b>	31/10/2015	
<b>Actual delivery date</b>	30/4/2016	
<b>Number of pages</b>	28	

<b>Lead beneficiary</b>	CEBAS-CSIC
<b>Contributing beneficiaries</b>	CEBAS-CSIC

<b>Document Version</b>	<b>Date</b>	<b>Author(s)</b>	<b>Comments</b>
1	30/4/2016	Vicente Martínez López, Rosa M Rivero Vargas	

### Acknowledgement:

This deliverable was produced under the co-finance of the European financial instrument for the Environment (LIFE) programme during the implementation of the project “LIFE DRAINUSE” (LIFE14 ENV/ES/000538).

<sup>1</sup> Dissemination level: **PU** = Public, **PP** = Restricted to other programme participants, **RE** = Restricted to a group specified by the consortium, **CO** = Confidential, only for members of the consortium.

<sup>2</sup> Nature of the deliverable: **R** = Report, **P** = Prototype, **D** = Demonstrator, **O** = Other.

## Abstract

Samples of irrigation water, nutritive and drainage solution of 15 farms in the agricultural sector of the Region of Murcia have been collected. All of them, only 10 crops with application of soil-less cultivation have been registered. Producers with soilless culture recirculate drainage solution, but when the CE of the drainage increased in such a way that it did not serve for irrigation, this was discarded. This implies a loss of water and fertilizers that could be avoided. Life Drainuse with the aim to profit those drainages, the drainages will be treated when necessary, replenishing nutrients when they are absent, diluting when are concentrated and avoid economic losses and pollution that this entails. This report compares the increase of EC in drain with respect to the nutrient solution, and depends on the % of drainage applied, the substrate used and the age of the crop. When cocopeat was used as substrate for pepper culture, when a % of drainage used was greater, in the majority of cases, the CE of drainage solution increased to a lesser extent. When perlite as substrate was used with a 20% of drainage, the EC of the drainage solution increased by 33% compared to 92% when using cocopeat. On the other hand, the composition of the drainage was not optimal in any sample. It would be necessary to readjust the concentration of nutrients, since there are some nutrients concentrated and others that are disappearing, and the plants need them all in a range for optimum growth. It is necessary to replenish certain nutrients or dilute with water occasionally, when irrigation water provides high concentration of Na and Cl, or to dilute nutrients that are highly concentrated. On the other hand, irrigation water that has been used in all farms has been good and bag quality, going from 500 to 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , but in most cases was about 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , good quality water suitable for all types of crops.

## Resumen

Se han recopilado muestras de agua de riego, de solución nutritivas y de drenaje de 15 explotaciones del sector agrícola de la Región de Murcia. De todas ellas, sólo se han registrado 10 cultivos con aplicación de cultivo sin suelo. Las explotaciones con cultivo sin suelo recirculaban la solución de drenaje, pero cuando la CE del drenaje aumentaba de forma que no servía para riego, ésta era desechada. Esto supone una pérdida de agua y fertilizantes que se podría evitar. Life drainuse pretende aprovechar esos drenajes, diluyendo cuando sea necesario o reponiendo nutrientes cuando éstos falten, para no desechar las soluciones de drenaje y evitar las pérdidas económicas y la contaminación que esto supone. En este informe se compara el aumento de la CE en la solución de drenaje con respecto a la solución nutritiva, y depende del % de drenaje aplicado, del sustrato utilizado y de la edad del cultivo. cuando se utilizó fibra de coco como sustrato para cultivar pimiento, cuando se utilizaba un % de drenaje mayor, en la mayoría de los casos, la solución de drenaje aumentaba la CE en menor medida. Cuando se utilizó perlita como sustrato con un % drenaje del 20%, la CE de la solución de drenaje aumentaba en 33% respecto a un 92% cuando se usó fibra de coco. Por otro lado, la composición del drenaje no era el óptimo en ninguna muestra analizada. Sería necesario reajustar la concentración de los nutrientes, ya que hay algunos que se concentran y otros que van desapareciendo, y las plantas los necesitan a todos en un rango para su óptimo crecimiento. Es necesario reponer ciertos nutrientes y/o diluir con agua en ciertas ocasiones, cuando el agua de riego aporta alta concentración de Na y Cl, o para diluir nutrientes que están muy concentrados. Por otra parte, las aguas de riego que se han utilizado en todas las explotaciones ha sido muy buena-baja calidad, pasando de 500 a 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero en la mayoría de los casos era de unos 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , agua de buena calidad apta para todo tipo de cultivos.

## Indice

1. Explotaciones Comerciales Seleccionadas.....	4
2. Concentración de nutrientes en aguas de riego y solución nutritiva de explotaciones en cultivo tradicional con suelo .....	5
2.1. Empresa: E1 .....	5
2.1.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo.....	5
2.2. Empresa: E2 .....	6
2.2.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo.....	6
2.3. Empresa: E4 .....	7
2.3.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo.....	7
2.4. Empresa: H3.....	8
2.4.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo.....	8
2.5. Empresa: S2 .....	9
2.5.1. Cultivo 1. Cultivo tradicional en suelo.....	9
2.5.2. Cultivo 2. Cultivo tradicional en suelo.....	10
3. Caracterización de la solución nutritiva drenaje .....	11
3.1. Empresa: CT.....	11
3.1.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 20-30% drenaje .....	11
3.2. Empresa: I2 .....	12
3.2.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 30-40% drenaje .....	12
3.2.2. Cultivo 2. Sin suelo con un 30-40% drenaje .....	13
3.3. Empresa: CDTT “El Mirador” .....	15
3.3.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 25-30% drenaje .....	15
3.3.2. Cultivo 2. Sin suelo con un 15-20% drenaje .....	16
3.3.3. Cultivo 3. Sin suelo con un 25-30% drenaje .....	17
3.3.4. Cultivo 4. Sin suelo con un 25-30% drenaje .....	18
3.3.5. Cultivo 5. Sin suelo con un 15-20 % drenaje .....	19
3.3.6. Cultivo 6. Sin suelo con un 20-25% drenaje .....	20
4. CONCLUSIONES .....	24

## 1. Explotaciones Comerciales Seleccionadas

La Tabla 1 muestra el listado de explotaciones que nos han permitido tomar muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenajes. FECOAM, socio de Life Drainuse, ha utilizado sus relaciones con las empresas y explotaciones públicas para hacernos llegar a las instalaciones del CEBAS-CSIC las muestras anteriormente citadas para su análisis. Por desgracia ha costado encontrar explotaciones de cultivos hortícolas destinadas al cultivo sin suelo en la Región de Murcia, ya que no se utiliza en gran medida a nivel comercial. En la tabla 1 se citan todas las explotaciones que nos han recogido muestras, por códigos, ya que muchas empresas eran reacias a darnos los datos para su publicación. Se acompañan de su localización, el tipo de cultivo, área de cultivo destinada a cultivo sin suelo, en su caso, hortaliza, si disponen de recirculación de los drenajes y el % de drenaje, en su caso. Este listado es procedente de la Acción A1.

**Tabla 1.** Empresas ubicadas en la Región de Murcia seleccionadas para la realización del análisis de la solución de riego, solución nutritiva y drenaje.

Empresa	Localización	Área de invernadero (ha)	Cultivo	Tipo de cultivo	Recirculación	%Drenaje
E1	Águilas	8.5	Tomate	Suelo	No	
E2	Águilas	4	Tomate	Suelo	No	
E4	Águilas	1	Tomate	Suelo	No	
H3	San Javier	2	Pimiento	Suelo	No	
CT	Torre Pacheco	370 m2	Berenjena	Fibra de coco	Si	20-30
I2	Torre Pacheco	1000 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	30-40
I1	Torre Pacheco	1000 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	30-40
S2	Torre Pacheco	2.13	Pimiento	Suelo	No	
S1	Torre Pacheco	2.5	Pimiento	Suelo	No	
CDTT "El Mirador"	San Javier	300 m2	Pimiento	Perlita	Si	25-30
CDTT "El Mirador"	San Javier	300 m2	Pimiento	Perlita	Si	25-30
CDTT "El Mirador"	San Javier	250 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	25-30
CDTT "El Mirador"	San Javier	300 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	25-30
CDTT "El Mirador"	San Javier	300 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	15-20
CDTT "El Mirador"	San Javier	250 m2	Pimiento	Fibra de coco	Si	20-25

## 2. Concentración de nutrientes en aguas de riego y solución nutritiva de explotaciones en cultivo tradicional con suelo

A las muestras recogidas se les midió el pH y la CE. Se analizó la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-mg/L y la AT (mg/L de CaCO<sub>3</sub>). Además, se analizó la concentración de Ca, K, Mg, Na, P total, S total, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Fe por espectrofotometría de absorción atómica y los aniones Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> por cromatografía iónica. Todos los análisis se han realizado en los laboratorios del grupo de Nutrición Vegetal del CEBAS-CSIC.

Las siguientes cinco explotaciones no disponen de cultivo sin suelo, sus cultivos son en suelo con riego por goteo. Los cultivos son principalmente tomate y una explotación de pimiento.

### 2.1. Empresa: E1

#### 2.1.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo

Las tablas 2 y 3 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo de la empresa “E1”. Se trata de cultivo de tomate en suelo con riego por goteo.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes estén en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría un poco bajo, pero aceptable. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son más bajas en la solución nutritiva que en el agua de riego por la bajada de pH.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 3. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Fe, Mo, Mn y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con 1425 µS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 4000 µS/cm es algo elevada, pero favorable para aumentar la calidad organoléptica de los frutos de tomate sin afectar de forma significativa a la productividad.

**Tabla 2.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE µS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Tomate	Suelo	8.25	1425	158.6	130
Solución Nutritiva	Tomate	Suelo	5.01	4000	12.2	10

**Tabla 3.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva
<b>B (µmol/L)</b>	86,32	83,89
<b>Ca (meq/L)</b>	1,34	6,99
<b>Cu (µmol/L)</b>	1,40	0,48
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	14,09
<b>K (meq/L)</b>	0,18	11,82

<b>Mg (meq/L)</b>	2,60	3,50
<b>Mn (µmol/L)</b>	2,77	7,30
<b>Mo (µmol/L)</b>	nd	0,09
<b>Na (meq/L)</b>	8,04	8,03
<b>P (meq/L)</b>	nd	1,33
<b>S (meq/L)</b>	3,02	4,08
<b>Zn (µmol/L)</b>	1,34	0,92
<b>Cl<sup>-</sup> (mmol/L)</b>	9,46	20,98
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,23	11,28
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	nd	1,41
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	1,94	2,54

## 2.2. Empresa: E2

### 2.2.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo

Las tablas 4 y 5 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo de la empresa “E2”. Se trata de cultivo de tomate en suelo con riego por goteo, igual que el cultivo de la explotación anterior.

Los resultados de los análisis de las muestras de agua de riego y solución nutritiva analizadas muestran resultados muy parecidos a los de la empresa anterior.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes estén en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría un poco bajo, pero aceptable. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son más bajas en la solución nutritiva que en el agua de riego por la bajada de pH.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 5. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Fe, Mo, Mn y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con 1395 µS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 3990 µS/cm es algo elevada, pero favorable para aumentar la calidad organoléptica de los frutos de tomate sin afectar de forma significativa a la productividad.

**Tabla 4.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Sustrato</b>	<b>pH</b>	<b>CE µS/cm</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	<b>AT (mg/L de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Agua de Riego	Tomate	Suelo	8.27	1395	134.2	110
Solución Nutritiva	Tomate	Suelo	5.21	3990	24.4	20

**Tabla 5.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

<b>Nutrientes</b>	<b>Agua de riego</b>	<b>Solución nutritiva</b>
<b>B (µmol/L)</b>	85,23	84,20
<b>Ca (meq/L)</b>	1,30	7,13
<b>Cu (µmol/L)</b>	0,45	0,37
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	14,17
<b>K (meq/L)</b>	0,19	12,05

<b>Mg (meq/L)</b>	2,55	3,53
<b>Mn (µmol/L)</b>	2,72	7,33
<b>Mo (µmol/L)</b>	nd	0,09
<b>Na (meq/L)</b>	8,12	8,18
<b>P (meq/L)</b>	0,00	1,34
<b>S (meq/L)</b>	2,99	4,13
<b>Zn (µmol/L)</b>	0,25	0,88
<b>Cl<sup>-</sup> (mmol/L)</b>	9,31	20,65
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,04	11,04
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	0,09	1,40
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	1,91	2,46

## 2.3. Empresa: E4

### 2.3.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo

Las tablas 6 y 7 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo de la empresa “E4”. Se trata de cultivo de tomate en suelo con riego por goteo, igual que el cultivo de la explotación anterior.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría dentro del rango. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT están algo más altas en la solución nutritiva que en el agua de riego, al contrario de lo que sucedía en las dos muestras anteriores.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 7. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Fe, Mn y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con 793 µS/cm es de muy buena calidad. Y la solución nutritiva de 5320 µS/cm está algo elevada, pero favorable para aumentar la calidad organoléptica de los frutos de tomate, aunque habría que comprobar que no afectara de forma significativa a la productividad.

**Tabla 6.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Sustrato</b>	<b>pH</b>	<b>CE µS/cm</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	<b>AT (mg/L de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Agua de Riego	Tomate	Suelo	8.1	793	109.8	90
Solución Nutritiva	Tomate	Suelo	5.95	5320	134.2	110

**Tabla 7.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

<b>Nutrientes</b>	<b>Agua de riego</b>	<b>Solución nutritiva</b>
<b>B (µmol/L)</b>	74,59	65,70
<b>Ca (meq/L)</b>	0,80	1,14
<b>Cu (µmol/L)</b>	nd	nd
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	0,37
<b>K (meq/L)</b>	0,12	24,09
<b>Mg (meq/L)</b>	1,24	1,28

Mn ( $\mu\text{mol/L}$ )	1,43	2,58
Mo ( $\mu\text{mol/L}$ )	nd	nd
Na (meq/L)	5,07	5,07
P (meq/L)	nd	20,83
S (meq/L)	1,39	1,67
Zn ( $\mu\text{mol/L}$ )	0,01	1,04
Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	1,51	7,02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	0,04	22,38
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mmol/L)	nd	19,17
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	0,09	1,22

## 2.4. Empresa: H3

### 2.4.1. Cultivo 1. Cultivo en suelo

Las tablas 8 y 9 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo de la empresa “H3”. Se trata de cultivo de tomate en suelo con riego por goteo, igual que el cultivo de las explotaciones anteriores.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría algo baja pero aceptable. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT está más baja en la solución nutritiva que en el agua de riego por la bajada de pH.

También se puede apreciar cómo se ha subido la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, pero mucho menos que en las demás explotaciones, cuya composición puede verse en la tabla 9. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Mn y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con 509  $\mu\text{S/cm}$  es de muy buena calidad. Y la solución nutritiva de 1453  $\mu\text{S/cm}$ , solución nutritiva poco concentrada, ya que está un cuarto más diluida que las anteriores.

**Tabla 8.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE $\mu\text{S/cm}$	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Tomate	Suelo	8.14	509	183	150
Solución Nutritiva	Tomate	Suelo	5.32	1453	24.4	20

**Tabla 9.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva
B ( $\mu\text{mol/L}$ )	53,10	51,92
Ca (meq/L)	0,67	2,95
Cu ( $\mu\text{mol/L}$ )	3,25	7,32
Fe (mmol/L)	nd	14,13
K (meq/L)	0,06	2,77
Mg (meq/L)	1,06	2,46
Mn ( $\mu\text{mol/L}$ )	1,59	9,50
Mo ( $\mu\text{mol/L}$ )	nd	0,30
Na (meq/L)	2,40	2,52

P (meq/L)	nd	0,73
S (meq/L)	1,10	1,22
Zn (µmol/L)	0,00	2,15
Cl (mmol/L)	1,17	1,11
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	0,04	1,28
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mmol/L)	0,01	0,04
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	0,12	0,05

## 2.5. Empresa: S2

### 2.5.1. Cultivo 1. Cultivo tradicional en suelo

Las tablas 10 y 11 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo 1 de la empresa “S2”. Se trata de cultivo de pimiento en suelo con riego por goteo.

En este caso, el pH de ambas muestras es muy parecido, muy alto para la solución nutritivas, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría algo baja pero aceptable. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT está más elevada en la solución nutritiva que en el agua de riego.

También se puede apreciar cómo se ha subido la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, pero mucho menos que en las demás explotaciones, cuya composición puede verse en la tabla 11. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y Cu.

Se puede decir que el agua de riego con 2410 µS/cm es de baja calidad. Y la solución nutritiva de 2770 µS/cm, solución nutritiva muy parecida al agua de riego, ya que se le añaden pocos abonos.

**Tabla 10.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE µS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Suelo	8.6	2410	244	210
Solución Nutritiva	Pimiento	Suelo	8.27	2770	317.2	260

**Tabla 11.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva
B (µmol/L)	108,41	106,84
Ca (meq/L)	3,85	4,52
Cu (µmol/L)	0,36	1,16
Fe (mmol/L)	nd	nd
K (meq/L)	0,21	0,74
Mg (meq/L)	4,70	4,86
Mn (µmol/L)	4,65	4,92
Mo (µmol/L)	nd	nd
Na (meq/L)	12,41	12,37
P (meq/L)	nd	0,08
S (meq/L)	8,39	8,93
Zn (µmol/L)	0,04	0,02
Cl (mmol/L)	12,03	12,32

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	0,38	1,57
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mmol/L)	0,01	0,07
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	4,29	4,67

### 2.5.2. Cultivo 2. Cultivo tradicional en suelo

Las tablas 12 y 13 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego y de solución nutritiva recogidas en el cultivo 2 de la empresa “S2”. Se trata de cultivo de pimiento en suelo con riego por goteo.

En este caso, el pH de ambas muestras es muy parecido, muy alto para la solución nutritivas, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría algo baja pero aceptable.

También se puede apreciar cómo se ha subido la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, cuya composición puede verse en la tabla 11. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, B, y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con 1648 µS/cm es de baja calidad. Y la solución nutritiva de 2910 µS/cm, apta para el riego de pimiento.

**Tabla 12.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE µS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Suelo	7.33	1648	134.2	110
Solución Nutritiva	Pimiento	Suelo	7.12	2910	122	100

**Tabla 13.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego y solución nutritiva.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva
B (µmol/L)	61,36	295,90
Ca (meq/L)	2,15	5,69
Cu (µmol/L)	9,65	1,04
Fe (mmol/L)	nd	nd
K (meq/L)	0,30	3,08
Mg (meq/L)	4,77	4,57
Mn (µmol/L)	7,70	4,71
Mo (µmol/L)	nd	nd
Na (meq/L)	8,00	7,95
P (meq/L)	0,03	0,96
S (meq/L)	5,80	5,71
Zn (µmol/L)	2,25	0,28
Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	8,43	12,36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	1,04	7,32
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mmol/L)	0,03	0,93
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	3,18	3,01

### 3. Caracterización de la solución nutritiva drenaje

A las muestras recogidas se les midió el pH y la CE. Se analizó la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  mg/L y la AT (mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ). Además, se analizó la concentración de Ca, K, Mg, Na, P total, S total, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Fe por espectrofotometría de absorción atómica y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  por cromatografía iónica. Todos los análisis se han realizado en los laboratorios del grupo de Nutrición Vegetal del CEBAS-CSIC.

Las siguientes explotaciones disponen de cultivo sin suelo con recirculación de drenaje. Se han analizado el agua de riego, la solución nutritiva y la solución de drenaje en cada cultivo de cada empresa.

La tabla 14 muestra los datos de las empresas con cultivo sin suelo y recirculación, tipo de cultivo, sustrato, % de drenaje y volumen de drenaje.

**Tabla 14.** Empresas ubicadas en la Región de Murcia seleccionadas para la caracterización de la solución de drenaje en cultivo sin suelo cerrado.

Empresa	Litros/planta/día	Cultivo	Sustrato	Recirculación	%Drenaje	Volumen drenaje (l/planta/día)
CT	1.6	Berenjena	Fibra de coco	Si	20-30	0.32-0.48
I2	1.2	Pimiento	Fibra de coco	Si	30-40	0.36-0.48
I1	1.2	Pimiento	Fibra de coco	Si	30-40	0.36-0.48
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Perlita	Si	25-30	0.15-0.18
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Perlita	Si	15-20	0.09-0.12
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Fibra de coco	Si	25-30	0.15-0.18
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Fibra de coco	Si	25-30	0.15-0.18
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Fibra de coco	Si	15-20	0.09-0.12
CDTT “El Mirador”	0.6	Pimiento	Fibra de coco	Si	20-25	0.12-0.15

#### 3.1. Empresa: CT

##### 3.1.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 20-30% drenaje

Las tablas 15 y 16 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo de la empresa “CT”. Se trata de cultivo sin suelo de Berenjena en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 20-30%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes estén en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría dentro del rango. La concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT son más bajas en la solución nutritiva que en el agua de riego por la bajada de pH. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 8.09, subiendo también la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la

tabla 16. A la solución nutritiva se le ha añadido  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , Fe, Mo, Mn y Cl.

Se puede decir que el agua de riego con  $1109 \mu\text{S}/\text{cm}$  es de buena calidad. Y la solución nutritiva de  $2600 \mu\text{S}/\text{cm}$  es apta para riego del cultivo de la Berenjena. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 40% con respecto a la solución nutritiva, algo elevada para este tipo de cultivo.

El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Na y S. Sin embargo, la concentración de Ca, Cu, Fe, K, Mn, P, Zn y  $\text{NO}_3^-$  se reduce (tabla 16).

**Tabla 15.** Análisis de pH, CE,  $\text{HCO}_3^-$  y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	AT (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )
Agua de Riego	Berenjena	Fibra de coco	8.57	1109	207.4	180
Solución Nutritiva	Berenjena	Fibra de coco	6.29	2600	97.6	80
Drenaje	Berenjena	Fibra de coco	8.09	3630	195.2	160

**Tabla 16.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	18,81	21,35	19,67
<b>Ca</b> (meq/L)	2,22	4,17	3,63
<b>Cu</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0,08	0,34	0,19
<b>Fe</b> (mmol/L)	nd	1,04	0,22
<b>K</b> (meq/L)	0,21	6,64	4,15
<b>Mg</b> (meq/L)	3,30	3,46	3,98
<b>Mn</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	3,50	8,08	4,50
<b>Mo</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	nd	0,09	nd
<b>Na</b> (meq/L)	4,12	4,34	7,65
<b>P</b> (meq/L)	0,01	5,66	0,99
<b>S</b> (meq/L)	4,33	6,18	9,71
<b>Zn</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0,12	0,39	0,15
<b>Cl</b> (mmol/L)	4,28	4,18	1,21
<b><math>\text{NO}_3^-</math></b> (mmol/L)	0,04	5,34	0,85
<b><math>\text{PO}_4^{3-}</math></b> (mmol/L)	0,01	3,72	0,09
<b><math>\text{SO}_4^{2-}</math></b> (mmol/L)	2,01	2,54	0,45

### 3.2. Empresa: I2

#### 3.2.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 30-40% drenaje

Las tablas 17 y 18 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo de la empresa "I2". Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 30-40%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es algo más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría alto. La concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT son parecidas en la solución nutritiva y en el agua de riego. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 8.15, subiendo también la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la

tabla 18. A la solución nutritiva se le ha añadido  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , Fe, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Na, K, Cl,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Sin embargo, la concentración de Ca,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  se reduce (tabla 18).

Se puede decir que el agua de riego con  $1180 \mu\text{S}/\text{cm}$  es de buena calidad. Y la solución nutritiva de  $2380 \mu\text{S}/\text{cm}$  es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 67% con respecto a la solución nutritiva, situándose en  $3990 \mu\text{S}/\text{cm}$ , algo elevada para este tipo de cultivo.

**Tabla 17.** Análisis de pH, CE,  $\text{HCO}_3^-$  y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	AT (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	8.58	1180	207.4	180
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	7.78	2380	195.2	160
Drenaje	Pimiento	Fibra de coco	8.15	3990	231.8	190

**Tabla 18.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
B ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	19,63	17,08	6,59
Ca (meq/L)	2,25	3,78	2,53
Cu ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0,08	0,22	0,68
Fe (mmol/L)	nd	3,52	4,90
K (meq/L)	0,19	6,66	16,86
Mg (meq/L)	3,33	4,45	5,80
Mn ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	3,49	4,87	9,80
Mo ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	nd	nd	nd
Na (meq/L)	4,16	3,97	12,11
P (meq/L)	0,01	0,37	0,35
S (meq/L)	4,28	7,26	17,55
Zn ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0,12	0,16	0,41
Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	5,13	4,41	11,67
$\text{NO}_3^-$ (mmol/L)	0,06	5,83	2,01
$\text{PO}_4^{3-}$ (mmol/L)	0,02	0,27	0,04
$\text{SO}_4^{2-}$ (mmol/L)	2,16	3,20	7,53

### 3.2.2. Cultivo 2. Sin suelo con un 30-40% drenaje

Las tablas 19 y 20 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo de la empresa "I1". Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 30-40%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es algo más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría alto. La concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT son parecidas en la solución nutritiva y en el agua de riego. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 8.16, subiendo también la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 20. A la solución nutritiva se le ha añadido  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , Fe, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Na, K, Cl,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Sin embargo, la concentración de Ca,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  se reduce (tabla 20).

Se puede decir que el agua de riego con  $1180 \mu\text{S}/\text{cm}$  es de buena calidad. Y la solución nutritiva de  $2380 \mu\text{S}/\text{cm}$  es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 25% con respecto a la solución nutritiva, situándose en  $2980 \mu\text{S}/\text{cm}$ , algo elevada, pero aceptable, para este tipo de cultivo.

**Tabla 19.** Análisis de pH, CE,  $\text{HCO}_3^-$  y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	AT (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	8.58	1180	207.4	180
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	7.78	2380	195.2	160
Drenaje	Pimiento	Fibra de coco	8.16	2980	244	200

**Tabla 20.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (<math>\mu\text{mol}/\text{L}</math>)</b>	19,63	17,08	6,76
<b>Ca (meq/L)</b>	2,25	3,78	2,57
<b>Cu (<math>\mu\text{mol}/\text{L}</math>)</b>	0,08	0,22	0,68
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	3,52	4,97
<b>K (meq/L)</b>	0,19	6,66	16,87
<b>Mg (meq/L)</b>	3,33	4,45	5,88
<b>Mn (<math>\mu\text{mol}/\text{L}</math>)</b>	3,49	4,87	9,88
<b>Mo (<math>\mu\text{mol}/\text{L}</math>)</b>	nd	nd	nd
<b>Na (meq/L)</b>	4,16	3,97	12,08
<b>P (meq/L)</b>	0,01	0,37	0,35
<b>S (meq/L)</b>	4,28	7,26	17,71
<b>Zn (<math>\mu\text{mol}/\text{L}</math>)</b>	0,12	0,16	0,41
<b>Cl (mmol/L)</b>	5,13	4,41	11,58
<b><math>\text{NO}_3^-</math> (mmol/L)</b>	0,06	5,83	1,97
<b><math>\text{PO}_4^{3-}</math> (mmol/L)</b>	0,02	0,27	0,11
<b><math>\text{SO}_4^{2-}</math> (mmol/L)</b>	2,16	3,20	7,35

### 3.3. Empresa: CDTT “El Mirador”

#### 3.3.1. Cultivo 1. Sin suelo con un 25-30% drenaje

Las tablas 21 y 22 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 1 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en perlita, y utilizan un % de drenaje del 25-30%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es bastante más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría bajo. La concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT son muy bajas en la solución nutritiva. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 7.6, casi como en el agua de riego, subiendo también la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 22. A la solución nutritiva se le ha añadido  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , Fe, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Na, K, Cl,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Sin embargo, la concentración de Ca,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  se reduce (tabla 22).

Se puede decir que el agua de riego con 1140  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 2330  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 18% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 2750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aceptable para este tipo de cultivo.

**Tabla 21.** Análisis de pH, CE,  $\text{HCO}_3^-$  y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	AT (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )
Agua de Riego	Pimiento	Perlita	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Perlita	4.27	2330	nd	nd
Drenaje	Pimiento	Perlita	7.6	2750	109.8	90

**Tabla 22.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	14,96	19,14	28,67
<b>Ca</b> (meq/L)	2,00	3,84	6,55
<b>Cu</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	nd	0,41	0,79
<b>Fe</b> (mmol/L)	nd	19,86	31,87
<b>K</b> (meq/L)	0,15	5,87	3,33
<b>Mg</b> (meq/L)	3,55	3,65	6,00
<b>Mn</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	3,70	8,81	7,07
<b>Mo</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	nd	0,16	0,53
<b>Na</b> (meq/L)	4,17	4,38	11,81
<b>P</b> (meq/L)	nd	1,65	0,57
<b>S</b> (meq/L)	4,51	5,57	11,66
<b>Zn</b> ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0,69	2,34	1,03
<b>Cl<sup>-</sup></b> (mmol/L)	5,62	5,83	12,55
<b><math>\text{NO}_3^-</math></b> (mmol/L)	0,03	8,82	7,14
<b><math>\text{PO}_4^{3-}</math></b> (mmol/L)	nd	1,61	0,66

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	2,44	3,17	6,36
--	------	------	------

### 3.3.2. Cultivo 2. Sin suelo con un 15-20% drenaje

Las tablas 23 y 24 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 2 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en perlita, y utilizan un % de drenaje del 15-20%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es bastante más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría bajo. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son muy bajas en la solución nutritiva. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 7.62, casi como en el agua de riego, subiendo también la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 24. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Ca, Na, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la concentración de K, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se reduce (tabla 24).

Se puede decir que el agua de riego con 1140 µS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 2330 µS/cm es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 33% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 3100 µS/cm, aceptable para este tipo de cultivo.

**Tabla 23.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE µS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Perlita	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Perlita	4.27	2330	nd	nd
Drenaje	Pimiento	Perlita	7.62	3100	97.6	80

**Tabla 24.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
B (µmol/L)	14,96	19,14	26,77
Ca (meq/L)	2,00	3,84	6,32
Cu (µmol/L)	nd	0,41	0,70
Fe (mmol/L)	nd	19,86	27,61
K (meq/L)	0,15	5,87	3,01
Mg (meq/L)	3,55	3,65	6,03
Mn (µmol/L)	3,70	8,81	7,05
Mo (µmol/L)	nd	0,16	0,53
Na (meq/L)	4,17	4,38	11,41
P (meq/L)	nd	1,65	0,72
S (meq/L)	4,51	5,57	11,27
Zn (µmol/L)	0,69	2,34	0,76

Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	5,62	5,83	12,36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	0,03	8,82	6,82
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mmol/L)	nd	1,61	0,80
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol/L)	2,44	3,17	5,86

### 3.3.3. Cultivo 3. Sin suelo con un 25-30% drenaje

Las tablas 25 y 26 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 3 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 25-30%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es algo mayor que el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes estén en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría alto. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son parecidas en las tres muestras analizadas. El pH de la solución de drenaje baja un poco con respecto a la solución nutritiva, pero se mantiene alto, igual que la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido algo la CE en la solución nutritiva, por la adición de abonos, pero en poca proporción, cuya composición puede verse en la tabla 26. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Mo, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Ca, Na, Cl, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la concentración de K y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se reduce (tabla 26).

Se puede decir que el agua de riego con 1140 μS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 1297 μS/cm es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 166% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 3460 μS/cm, alta para este tipo de cultivo.

**Tabla 25.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE μS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	8.08	1297	146.4	120
Drenaje	Pimiento	Fibra de coco	7.95	3460	158.6	130

**Tabla 26.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (μmol/L)</b>	14,96	21,94	38,76
<b>Ca (meq/L)</b>	2,00	2,54	8,47
<b>Cu (μmol/L)</b>	nd	0,74	0,23
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	nd	0,26
<b>K (meq/L)</b>	0,15	0,47	0,05
<b>Mg (meq/L)</b>	3,55	3,62	7,05
<b>Mn (μmol/L)</b>	3,70	5,30	6,71
<b>Mo (μmol/L)</b>	nd	0,10	0,53
<b>Na (meq/L)</b>	4,17	4,20	15,63
<b>P (meq/L)</b>	nd	0,11	0,06
<b>S (meq/L)</b>	4,51	5,14	18,97
<b>Zn (μmol/L)</b>	0,69	0,61	0,70
<b>Cl<sup>-</sup> (mmol/L)</b>	5,62	5,49	14,82
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,03	1,21	2,74
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	nd	0,12	0,06
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	2,44	2,62	10,33

### 3.3.4. Cultivo 4. Sin suelo con un 25-30% drenaje

Las tablas 27 y 28 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 4 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 25-30%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es bastante más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes estén en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría bajo. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son muy bajas en la solución nutritiva. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 7.46, casi como en el agua de riego, subiendo también la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 28. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Mn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Ca, Na, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la concentración de K, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se reduce (tabla 28).

Se puede decir que el agua de riego con 1140 μS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 2140 μS/cm es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 50% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 3200 μS/cm, alta para este tipo de cultivo.

**Tabla 27.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE μS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	4.72	2140	12.2	10
Drenaje	Pimiento	Fibra de coco	7.46	3200	146.4	120

**Tabla 28.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (μmol/L)</b>	14,96	20,30	21,90
<b>Ca (meq/L)</b>	2,00	3,95	7,16
<b>Cu (μmol/L)</b>	nd	0,48	0,63
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	22,08	22,97
<b>K (meq/L)</b>	0,15	5,28	3,84
<b>Mg (meq/L)</b>	3,55	3,58	5,73
<b>Mn (μmol/L)</b>	3,70	8,62	5,71
<b>Mo (μmol/L)</b>	nd	0,17	0,77
<b>Na (meq/L)</b>	4,17	4,20	10,99
<b>P (meq/L)</b>	nd	1,20	0,65
<b>S (meq/L)</b>	4,51	5,14	11,61
<b>Zn (μmol/L)</b>	0,69	1,78	1,34
<b>Cl<sup>-</sup> (mmol/L)</b>	5,62	5,69	12,00
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,03	8,85	8,08
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	nd	1,19	0,83
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	2,44	2,83	6,51

### 3.3.5. Cultivo 5. Sin suelo con un 15-20 % drenaje

Las tablas 29 y 30 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 5 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 15-20%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es bastante más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría bajo. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son muy bajas en la solución nutritiva. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 7.22, casi como en el agua de riego, subiendo también la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la CE en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 30. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Mn, Zn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Ca, Na, Cl, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la concentración de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se reduce (tabla 30).

Se puede decir que el agua de riego con 1140 μS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 2140 μS/cm es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 92% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 4110 μS/cm, muy alta para este tipo de cultivo.

**Tabla 29.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE μS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	4.72	2140	12.2	10
Drenaje	Pimiento	Fibra de coco	7.22	4110	73.2	60

**Tabla 30.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (µmol/L)</b>	14,96	20,30	29,61
<b>Ca (meq/L)</b>	2,00	3,95	9,10
<b>Cu (µmol/L)</b>	nd	0,48	0,65
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	22,08	26,61
<b>K (meq/L)</b>	0,15	5,28	5,14
<b>Mg (meq/L)</b>	3,55	3,58	7,45
<b>Mn (µmol/L)</b>	3,70	8,62	7,51
<b>Mo (µmol/L)</b>	nd	0,17	0,45
<b>Na (meq/L)</b>	4,17	4,20	13,99
<b>P (meq/L)</b>	nd	1,20	0,97
<b>S (meq/L)</b>	4,51	5,14	14,33
<b>Zn (µmol/L)</b>	0,69	1,78	1,68
<b>Cl (mmol/L)</b>	5,62	5,69	15,25
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,03	8,85	12,23
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	nd	1,19	1,05
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	2,44	2,83	7,98

### 3.3.6. Cultivo 6. Sin suelo con un 20-25% drenaje

Las tablas 31 y 32 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua de riego, de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 6 de la empresa “CDTT El Mirador”. Se trata de cultivo sin suelo de Pimiento en fibra de coco, y utilizan un % de drenaje del 20-25%.

Se puede ver como el pH de la solución nutritiva es bastante más bajo que en el agua de riego, ya que el pH en una solución nutritiva debe estar entre 5.5-6.5 para que todos los nutrientes están en una forma disponible para poder ser absorbidos por las plantas. En este caso estaría bajo. La concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT son muy bajas en la solución nutritiva. El pH de la solución de drenaje vuelve a subir a 7.34, casi como en el agua de riego, subiendo también la concentración de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT.

También se puede apreciar cómo se ha subido considerablemente la CE en la solución nutritiva, por la adición de abonos, cuya composición puede verse en la tabla 32. A la solución nutritiva se le ha añadido Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Mo, Mn, Zn. El aumento de la CE en el drenaje se debe al aumento en la concentración de Mg, Ca, Na, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la concentración de K y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> se reduce (tabla 32).

Se puede decir que el agua de riego con 1140 µS/cm es de buena calidad. Y la solución nutritiva de 2140 µS/cm es apta para riego del cultivo del Pimiento. Sin embargo, la CE del drenaje aumenta un 53% con respecto a la solución nutritiva, situándose en 3280 µS/cm, algo elevada para este tipo de cultivo.

**Tabla 31.** Análisis de pH, CE, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y AT en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	pH	CE µS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	AT (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Agua de Riego	Pimiento	Fibra de coco	7.76	1140	183	150
Solución Nutritiva	Pimiento	Fibra de coco	4.72	2140	12.2	10
Drenaje	Pimiento	Fibra de	7.34	3280	97.6	80

		coco				
--	--	------	--	--	--	--

**Tabla 32.** Análisis de los nutrientes en las muestras de agua de riego, solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Agua de riego	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (μmol/L)</b>	14,96	20,30	21,77
<b>Ca (meq/L)</b>	2,00	3,95	7,50
<b>Cu (μmol/L)</b>	nd	0,48	0,49
<b>Fe (mmol/L)</b>	nd	22,08	20,40
<b>K (meq/L)</b>	0,15	5,28	3,48
<b>Mg (meq/L)</b>	3,55	3,58	5,96
<b>Mn (μmol/L)</b>	3,70	8,62	6,12
<b>Mo (μmol/L)</b>	nd	0,17	0,28
<b>Na (meq/L)</b>	4,17	4,20	11,74
<b>P (meq/L)</b>	nd	1,20	0,83
<b>S (meq/L)</b>	4,51	5,14	11,71
<b>Zn (μmol/L)</b>	0,69	1,78	1,18
<b>Cl (mmol/L)</b>	5,62	5,69	12,37
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>	0,03	8,85	8,61
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mmol/L)</b>	nd	1,19	0,81
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mmol/L)</b>	2,44	2,83	6,04

## 4. Caracterización de la solución nutritiva drenaje en cultivo sin suelo en tomate

A continuación, se presentan dos cultivos de tomate en sistema de cultivo sin suelo en sacos de perlita. Se trata de dos cultivos que se realizaron en 2014 en el departamento de Nutrición Vegetal del CEBAS-CSIC. El ciclo de ambos cultivos era abierto y se utilizaba para el riego un porcentaje de drenaje del 30-40%. Los cultivos se encontraban en producción y tenían 3 meses de edad.

### Cultivo 1

Las tablas 33 y 34 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 1. El análisis de la solución nutritiva entrante tenía una CE de 2000 μS/cm, con una relación de concentración de nutrientes apta para cultivo de tomate. El análisis de drenaje se realizó pasados 7 días desde el último lavado y tenía una CE de 3060 μS/cm. Con respecto a la concentración de nutrientes, se había concentrado el B, el Fe, el K, el Na y el S. Sin embargo, se había diluido el Cu y el P. Para adaptar este cultivo a un cultivo cerrado y volver a inyectar en el riego la solución de drenaje, sería necesario diluir este drenaje con agua y añadir ciertos nutrientes que estaban deficientes.

**Tabla 33.** Análisis de CE en las muestras de solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	CE μS/cm
-----------------	---------	----------	----------

Solución Nutritiva	Tomate	Perlita	2000
Drenaje	Tomate	Perlita	3060

**Tabla 34.** Análisis de los nutrientes en las muestras de solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (µmol/L)</b>	32.25	53.11
<b>Ca (mmol/L)</b>	4.4	5.02
<b>Cu (µmol/L)</b>	0.8	0,49
<b>Fe (µmol/L)</b>	13.45	21.62
<b>K (mmol/L)</b>	8.4	11.46
<b>Mg (mmol/L)</b>	1.07	1.28
<b>Mn (µmol/L)</b>	4.92	4.22
<b>Mo (µmol/L)</b>	0.77	0.98
<b>Na (mmol/L)</b>	0.21	3.023
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/l)</b>	16.07	21.05
<b>P (mmol/L)</b>	1.13	0.48
<b>S (mmol/L)</b>	1.04	2.23
<b>Zn (µmol/L)</b>	2.75	0.44

## **Cultivo 2**

Las tablas 35 y 36 muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras de solución nutritiva y drenaje recogidas en el cultivo 2. El análisis de la solución nutritiva entrante tenía una CE de 5000 µS/cm, solución nutritiva con una CE algo elevada pero correcta para el cultivo de tomate. El análisis de drenaje se realizó pasados 7 días desde el último lavado y tenía una CE de 11660 µS/cm. Con respecto a la concentración de nutrientes, se había concentrado el B, el Fe, el Ca, el K, el Na, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y el S. Sin embargo, se había diluido el Cu, el Zn y el P. Para adaptar este cultivo a un cultivo cerrado y volver a inyectar en el riego la solución de drenaje, sería necesario diluir el doble este drenaje con agua y añadir ciertos nutrientes que estaban deficientes. Al tratarse de un manejo de riego con aguas salinas se debería tener mucho cuidado con la concentración de Na en el medio, para que la CE no subiera tanto y así no se redujera drásticamente la producción de tomate.

**Tabla 35.** Análisis de CE en las muestras de solución nutritiva y drenaje.

Tipo de muestra	Cultivo	Sustrato	CE µS/cm
-----------------	---------	----------	----------

Solución Nutritiva	Tomate	Perlita	5000
Drenaje	Tomate	Perlita	11660

**Tabla 36.** Análisis de los nutrientes en las muestras de solución nutritiva y drenaje.

Nutrientes	Solución nutritiva	Drenaje
<b>B (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	32.25	55.91
<b>Ca (mmol/L)</b>	4.4	5.61
<b>Cu (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	0.8	0.53
<b>Fe (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	13.45	22.83
<b>K (mmol/L)</b>	8.4	13.59
<b>Mg (mmol/L)</b>	1.07	1.54
<b>Mn (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	4.92	4.24
<b>Mo (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	0.77	1.05
<b>Na (mmol/L)</b>	50	90.08
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/l)</b>	16.07	24.2
<b>P (mmol/L)</b>	1.13	0.61
<b>S (mmol/L)</b>	1.04	2.68
<b>Zn (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	2.75	0.96

## 5. Conclusiones

Si comparamos el aumento de la CE en la solución de drenaje con respecto a la solución nutritiva, vemos algunas diferencias que dependen del porcentaje de drenaje aplicado, del sustrato utilizado y de la edad del cultivo.

De esta forma, cuando se utilizó fibra de coco para el cultivo del pimiento, se puede apreciar que cuando el porcentaje de drenaje fue del 20-25%, la CE del drenaje aumentó un 50% con respecto a la solución nutritiva inicial, sin embargo, cuando se redujo el porcentaje de drenaje al 15-20%, la conductividad del drenaje aumento en un 90%. Sin embargo, en un caso, el porcentaje de drenaje era del 25-30%, y la CE del drenaje aumentó en un 166%. Todos estos cultivos tenían una edad de 4 meses.

Por otra parte, cuando se utilizó perlita para cultivar pimiento, se puede ver que cuando el porcentaje de drenaje estaba en 15-20%, la CE del drenaje sólo aumentó en un 33%, frente al 92% de la fibra de coco. Y que si el porcentaje se aumentaba al 25-30% de drenaje, la CE de la solución de drenaje sólo aumentó al 18% con respecto a la solución nutritiva del riego. En fibra de coco la CE aumentó en un 50% con esos valores de porcentaje de drenaje.

Además, la CE del drenaje que se recircula de nuevo al riego del cultivo, es ciertos casos era elevada para el cultivo del tomate ( $>5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), para el cultivo de pimiento ( $>3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Esto podría afectar a la producción comercial de las explotaciones estudiadas.

Con respecto a la composición del drenaje, sería necesario reajustar la concentración de los nutrientes, ya que hay algunos que se concentran y otros que van desapareciendo, y las plantas los necesitan a todos en un rango para su óptimo crecimiento. Es necesario reponer ciertos nutrientes y/o diluir con agua en ciertas ocasiones, cuando el agua de riego aporta alta concentración de Na y Cl, o para diluir nutrientes que están muy concentrados.

Por otra parte, las aguas de riego que se han utilizado en todas las explotaciones ha sido muy buena-baja calidad, pasando de 500 a 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero en la mayoría de los casos era de unos 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , agua de buena calidad apta para todo tipo de cultivos.