
Parcela 1: Tomate de rama.	Parcela 2: Pimiento "Cornicabra".	Parcela 3: Tomate "Mansilla".	Parcela 4: Tomate "Mansilla".	Parcela 5: Berenjena Tomate "Negro de Siles" encañado.	Parcela 6: Tomate "Huevo de toro" encañado.	Parcela 7: Tomate "Huevo de toro" encañado.
Viabiles: 13.	Viabiles: 18 plantas de tomate y 25 de pimiento.	Viabiles: 46.	Viabiles: 26.	Viabiles: 18 plantas de tomate y 23 de berenjena.	Viabiles: 37.	Viabiles: 30.
Inviabiles: 11 plantas de tomate de rama.	Inviabiles: 2 plantas de pimiento.	Inviabiles: 0.	Inviabiles: 6, una de ellos de la variedad "Ortega".	Inviabiles: 0.	Inviabiles: 4 plantas de tomate de la variedad "Huevo de toro".	Inviabiles: 1 planta de la variedad "Huevo de toro".

Figura 9a: Esquema de la disposición de los cultivos desde la parcela 1 a la 7, y viabilidad de las plantas a día 20 de junio.








						
Parcela 8: Pimiento italiano Tomate "Pilon" encañado.	Parcela 9: Tomate "Corazon de cabrito" encañado.	Parcela 10: Pimiento de asar Tomate "Guadalupe" encañado.	Parcela 11: Pimiento de asar Tomate "Rosado" encañado.	Parcela 12: Pimiento de asar Tomate valenciano encañado.	Parcela 13: Tomate "Kaki".	Parcela 14: Tomate "Kaki".
Viabiles: 10 plantas de tomate y 26 de pimiento.	Viabiles: 34.	Viabiles: 12 plantas de tomate y 28 de pimientos.	Viabiles: 15 plantas de tomate y 31 de pimientos.	Viabiles: 10 plantas de tomate y 26 de pimientos.	Viabiles: 26.	Viabiles: 29.
Inviabiles: 1 planta de tomate de la variedad "Pilon".	Inviabiles: 1 planta de tomate de la variedad "Corazon de cabrito", y otro de la "Ortega".	Inviabiles: 0.	Inviabiles: 2 plantas de tomate de la variedad "Ortega", y 1 pimiento.	Inviabiles: 1 planta de tomate de la variedad "Ortega".	Inviabiles: 1 planta de tomate de la variedad "Ortega".	Inviabiles: 1 planta de tomate de la variedad "Ortega".

Figura 9b: Esquema de la disposición de los cultivos desde la parcela 8 a la 14, y viabilidad de las plantas a día 20 de junio.

- **Entutorado:** cuando la planta ha adquirido altura suficiente, se realiza el entutorado de la forma tradicional en la Vega de Granada, que es con la utilización de cañas secas en forma de "cabaña" (GONZÁLEZ, SORIANO, & AGUIRRE, 2002) para 3 de las variedades de nuestro interés: "Huevo de toro", "Corazón de cabrito" y "Rosado", como se puede ver en las fotografías de las figuras 24, 26 y 27.
- **Abonado:** El abonado que se ha realizado con abono verde y con diferentes tipos de abonos compostados, utilizados en nuestra experimentación, favorece el cultivo del tomate como se ha comprobado por diferentes autores. El abonado afecta positivamente a la cantidad de carbono orgánico y no afecta a la viabilidad bacteriana (excepto actinobacterias). Se piensa que los agregados con abono alteran los micro hábitats de bacterias anaerobias, lo que a su vez aumenta la acumulación de carbono orgánico (ZHANG et al., 2014).

Tras tomar las muestras de tomate, y de forma previa, se probaron Procedimientos Normalizados de Trabajo (PNT) para analizar características del fruto de tomate (ORTEGA et al., 2012), seguidas de un análisis estadístico mediante la prueba no

paramétrica de Kuskal-Wallis (IBM SPSS STATISTICS 21.0, 2012) para elaborar los resultados de este trabajo.

### **Toma de muestras (de tierra de cultivo, agua <sup>1</sup> y fruto)**

Se tomaron las muestras de tierra en la parcela de experimentación (fotografía 2). En las esquinas sudoeste y sudeste (muestras 1 y 2), una más al sur del centro (muestra 3); otras por encima del centro-este y centro-oeste (muestras 4 y 5), y otra al norte (muestra 6), en bolsas de toma de muestras de 1 kg. Con una pala portátil, se extrajeron las muestras a 0, 15, y 30 centímetros de la superficie.

Para las muestras de agua, se tomaron muestras representativas en tres botellas de vidrio de 2 litros, con enjuagado previo. El agua de riego muestreada procede de darros de la localidad de Las Gabias, y de acequias de agua de la Sierra.

Hay una muestra con mayor cantidad de aguas residuales que otra; el agricultor selecciona el agua de riego cuando ésta tiene menos composición de agua procedente de darros, puesto que conoce las circunstancias de apertura de la acequia de agua de la Sierra. Las muestras de agua se llevaron al laboratorio 3 o 4 horas después.

### **Selección de las pruebas requeridas para el agua<sup>1</sup>**

Según la fuente de agua (aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas regeneradas, agua desalinizadas, etc) o según el método de riego, se puede dividir el análisis en tres grupos: análisis químico por composición de sales en mg/L, o mEq/L, físico y biológico. En la figura 10 se detallan los análisis que se hacen y la cantidad de sales según la procedencia del agua. En nuestro caso se trata de aguas superficiales.

Análisis químicos y físico-químicos	Características	
	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
pH, CE, cloruros, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , (H)CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , B <sup>3+</sup> .	Baja concentración de sales.	Media-alta concentración de sales.

Figura 10: Tabla adaptada de DE LOS ÁNGELES MEGÍA, P. (2007b). Diseño del parque municipal en Santa Cruz de los Cáñamos "Calidad del agua de riego" Anejo no9 Calidad del agua de riego. Universidad de Castilla La Mancha.

<sup>1</sup> Smart! Fertilizer. (n.d.). El Análisis del agua de riego. Consultado en junio de 2015. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-agua-de-riego>.

## Análisis realizados

### *Parámetros químicos en agua<sup>1</sup>*

En la figura 11 se recomiendan una serie de análisis según el tipo de agua (adaptada de <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-agua-de-riego>):

Elemento	Agua subterránea	Agua superficial	Elemento	Agua subterránea	Agua superficial
Magnesio ( $Mg^{2+}$ )	✓	✓	Calcio ( $Ca^{2+}$ )	✓	✓
Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ )	✓	✓	Sodio ( $Na^+$ )	✓	✓
Bicarbonatos ( $HCO_3^-$ )	✓	✓	Boro (B)	✓	
Carbonatos ( $CO_3^{2-}$ )	✓		Fluoruro (F)	✓	
Nitrogeno Nítrico ( $N-NO_3^-$ )		✓	Cloruros (Cl)	✓	✓
Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )		✓	pH	✓	✓
			Conductividad Eléctrica (CE)	✓	✓

Figura 11: Presencia de sustancias químicas a esperar en el análisis de aguas. Adaptación de SMART! FERTILIZER, n.d.

### *Salinidad en agua<sup>1</sup>*

La calidad química del agua es importante por las siguientes razones:

- Determina la idoneidad del agua para riego, porque el agua puede tener alta conductividad eléctrica (CE), o salinidad; alto nivel de Relación de Adsorción de Sodio (SAR), o contener elementos nocivos en niveles que podrían ser tóxicos para su cultivo.
- La salinidad total del agua de riego y una concentración de determinados elementos reducen el rendimiento de los cultivos a partir de un cierto umbral.
- Afecta a la programación del riego, puesto que un alto nivel de sales disueltas en el agua requiere cantidades más altas de la misma para que se pueda absorber por las plantas.

Los parámetros más comunes para determinar la calidad del agua de riego, son la CE para la salinidad (figura 12), y el SAR (figura 13).

<sup>1</sup> Smart! Fertilizer. (n.d.). El Análisis del agua de riego. Consultado en junio de 2015. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-agua-de-riego>.

CE dS/m	Riesgo de Salinidad
< 0.7	Bajo
0.7 - 1.6	Medio
1.6 - 3	Alto
> 3	Muy Alto

Figura 12: Evaluación de la calidad salina del agua de riego. CE: conductividad eléctrica. Adaptada de DE LOS ÁNGELES MEGÍA, 2007b.

SAR ajustado	Evaluación de la calidad
< 3	Sin problema
3 - 9	Problema creciente
> 9	Problema grave
> 3	Muy Alto

Figura 13: Calidad de aguas de riego según el SAR ajustado (LILLO, 2011).

### Dureza y pH <sup>1</sup>

La **dureza** es la suma de las cantidades de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) en el agua y se expresa como mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Es una medida de la capacidad del agua de resistir a cambios repentinos en el pH. Si es demasiado baja, cualquier adición de fertilizantes bajaría el pH del agua. El rango deseable del pH en la zona radicular para la mayoría de las plantas, está entre 5.5 a 6.5, aunque afortunadamente para las solanáceas es adecuado trabajar a un pH menos alcalino, que como veremos es de 7. En la figura 14 se recoge una escala que mide la dureza del agua.

Rango	Dureza en $\text{CaCO}_3$ (mg/L)
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

Figura 14: Escala de dureza del agua de riego, adaptado de SMART! FERTILIZER, n.d.

<sup>1</sup> Smart! Fertilizer. (n.d.). El Análisis del agua de riego. Consultado en junio de 2015. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-agua-de-riego>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# Resultados y discusión

## Climatología de la Vega de Granada

Para evaluar cómo ha ido cambiando a lo largo de los años la climatología de la Vega de Granada, accedemos a los datos recogidos por AEMET del Aeropuerto de Granada (Figura 15), que estará aproximadamente a 10 km (Figura 16) de la plantación de tomates que realizaremos en la localidad de Híjar. También tendremos en cuenta un análisis climatológico de Armilla, que se encuentra cerca.

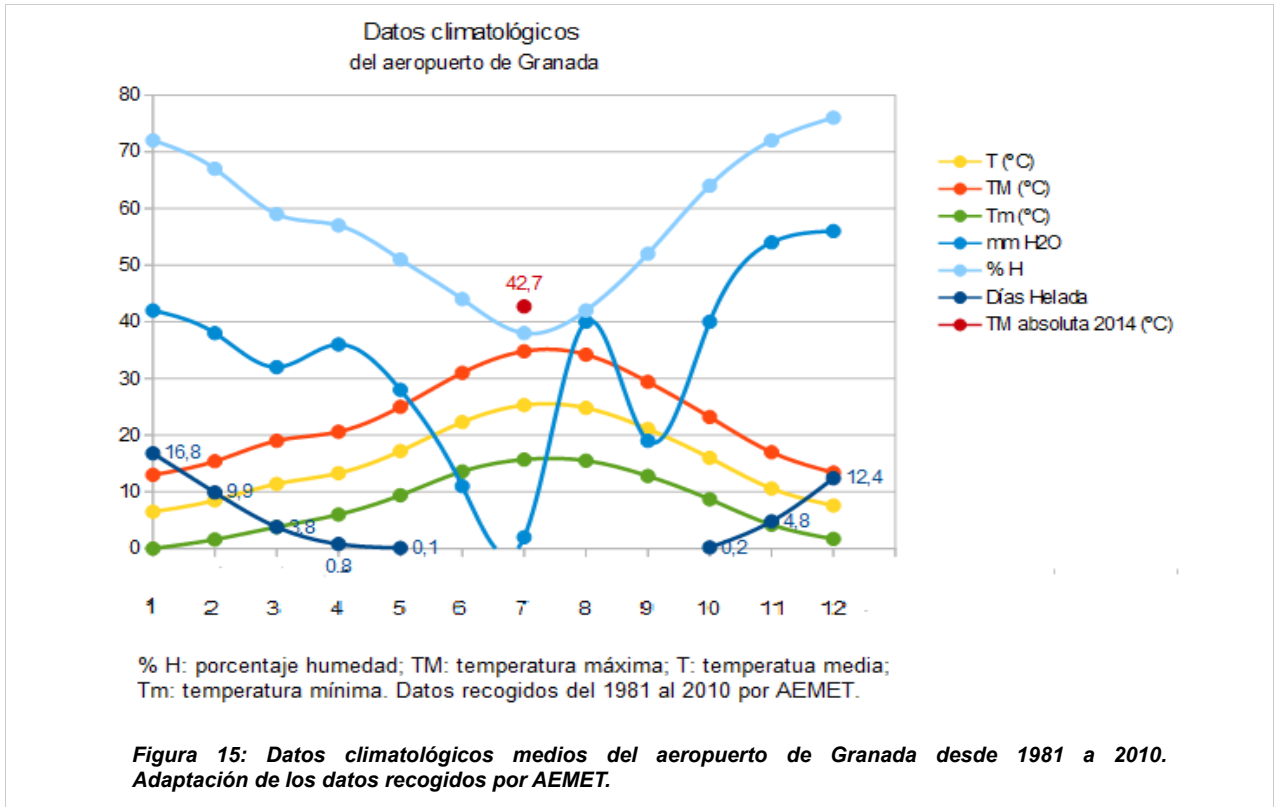


Figura 15: Datos climatológicos medios del aeropuerto de Granada desde 1981 a 2010. Adaptación de los datos recogidos por AEMET.



Figura 16: Distancia de la plantación al aeropuerto de Granada, donde hay una estación termo y pluviométrica. En el borde inferior derecho se puede apreciar que la base aérea de Armilla queda algo más cerca.

Transformando a formato decimal las coordenadas en minutos y segundos del aeropuerto de Granada y la base aérea de Armilla, se ha calculado la distancia de la parcela a cada uno, para ajustar un factor de peso de los datos climatológicos de una estación y otra, para la parcela.

Se ha asumido que la diferencia climática del punto calculado respecto a donde está la parcela es despreciable, debido a que se encuentra a pocas centenas de metros del punto imaginario donde se ha calculado. También se ha asumido que las variaciones climáticas entre una estación y otra son lineales. Las figuras 17a, b y c recogen el perfil climático y balance hídrico que se predice de la parcela durante los meses de estudio.

T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	mm H <sub>2</sub> O	% H	Días Helada
6,72	12,71	0,79	41,28	72,00	14,13
8,50	14,82	2,18	34,40	67,72	7,09
11,40	18,28	4,52	34,16	59,72	2,14
13,16	19,81	6,58	36,72	57,00	0,44
17,13	24,28	9,98	29,44	51,00	0,03
22,44	30,42	14,39	11,00	43,28	0,00
25,80	34,37	17,14	2,00	37,28	0,00
25,30	33,70	17,01	13,34	41,28	0,00
21,46	28,90	13,95	21,88	51,28	0,00
16,22	22,77	9,71	38,56	62,56	0,06
10,82	16,64	4,99	51,12	71,28	2,85
7,82	13,18	2,42	51,68	75,28	9,52

Figura 17a: Datos de temperaturas, precipitaciones, humedad y días de helada para elaborar el perfil climatológico de la parcela

Además resulta especialmente útil la predicción del tiempo en las localidades cercanas de Cúllar-Vega (AEMET, 2015a) y Gabia la Grande (AEMET, 2015b), aunque sólo hay estaciones termométricas. En la figura 18 se recogen dichas estaciones con sus respectivas coordenadas y su altura.

Estación	Tipo	Latitud (N-S)	Longitud (E-O)	Altitud <sup>2</sup>	Años de registro meteorológico
Aeropuerto de Granada	P + T	37° 11' 19" N	3° 46' 38" O	567 m	1981 - 2010
Parcela	-	37° 8' 49" N	3° 40' 23" O	650 m	-
Base aérea de Armilla	P + T	37° 8' 14" N	3° 37' 53" O	687 m	1981 - 2010
Híjar	T	37° 8' 55" N	3° 40' 40" O	650 m	2014 y 2015
Cúllar-Vega	T	37° 9' 7" N	3° 40' 16" O	641 m	2014 y 2015
Gabia la Grande	T	37° 8' 12" N	3° 40' 7" O	676 m	2014 y 2015

Figura 18: Estaciones meteorológicas consultadas. P: Pluviométrica. T: Termométrica.

<sup>2</sup> Datos obtenidos de un mapa topográfico: <http://es-cr.topographic-map.com/places/Granada-232534/>

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTALES
Temperatura	6,5	8,6	11,4	13,3	17,2	22,3	25,3	24,8	21,1	16,0	10,6	7,6	$\bar{x} = 14,7$
Precipitación	41,0	33,0	35,0	37,0	30,0	11,0	2,0	3,0	23,0	38,0	50,0	50,0	353,0
Etp	12,2	18,3	34,3	49,5	83,4	121,9	167,2	141,1	97,5	52,0	26,6	19,6	823,6
Etr	12,2	18,3	34,3	49,5	83,4	43,1	2,0	3,0	23,0	38,0	26,6	19,6	535,0
V.Reserva Reserva	28,8	14,7	0,7	-12,5	-53,4	-32,1	0	0	0	0	23,4	30,4	-
(Capacidad de retención:100mm)	82,6	97,3	98,0	85,5	32,1	0	0	0	0	0	23,4	53,8	-
Exceso agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta agua	0	0	0	0	0	78,8	165,2	138,1	74,5	14,0	0	0	470,6

Figura 17b: Ficha climática de la parcela.

Para calcular el día que es necesario regar, se divide la Etp (121,9 mm) entre el número de días del mes (30). Esto nos da el déficit de H<sub>2</sub>O por día (4,06 mm). Si dividimos el H<sub>2</sub>O disponible (reserva + precipitación, 43,1 mm) entre 4,06, nos da el día que tenemos que regar, que es el 10 de junio (ORTEGA et al, 1990).

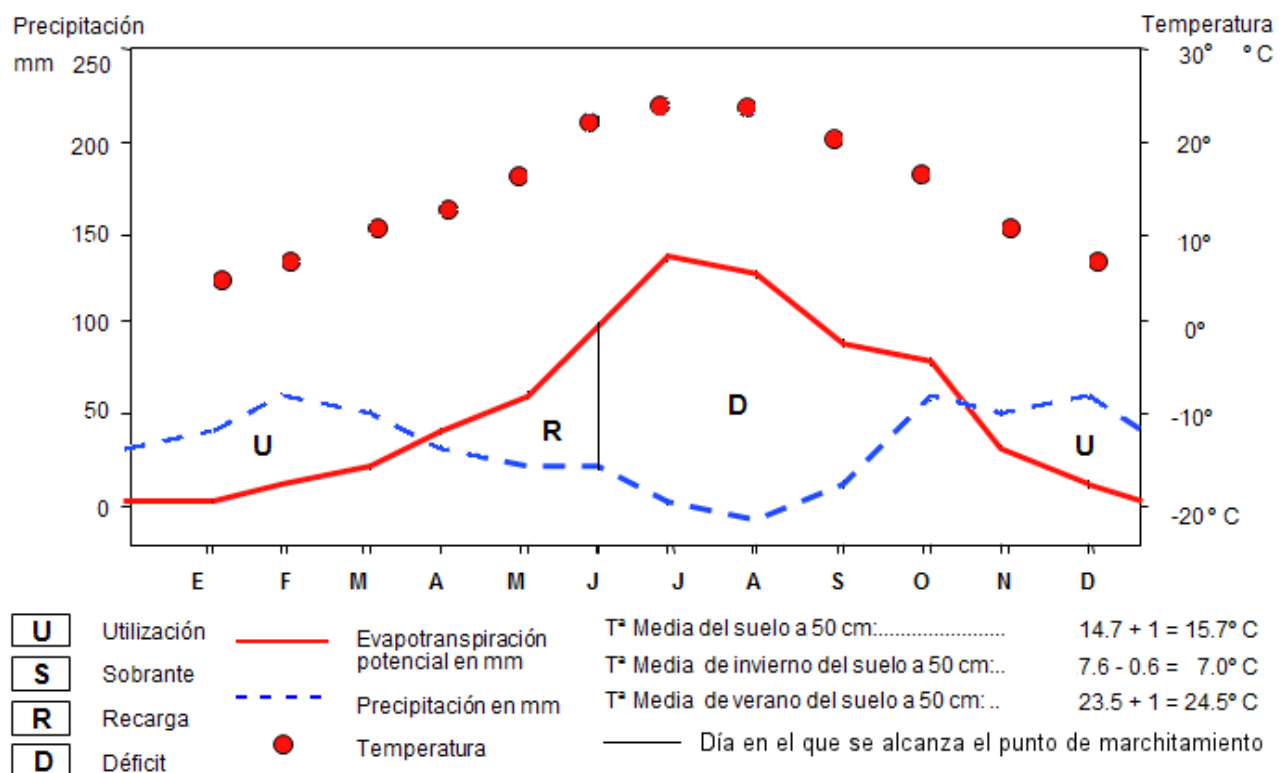


Figura 17c: Balance hídrico de la parcela.

El régimen de temperatura del suelo se encuentra entre *mésico* (< 15° C) y *térmico* (15 – 22° C), (SOIL SURVEY STAFF, 2014). El régimen de humedad es *xérico* con un profundo déficit en la época estival, y una recarga el resto del año. La utilización del agua del suelo se produce entre los meses de abril y mayo.



## Características del suelo

La localidad de Híjar, que se encuentra al sudoeste de Cúllar-Vega, y como muestra el Figura 19, tiene como predominante un tipo de suelo Regosol Calcárico y Cambisol Calcárico con inclusiones de Fluvisoles Calcáricos, siendo un *Xerofluvent* típico (SIERRA et al., 1992), que a su vez fueron determinados gracias a la clasificación de la taxonomía de suelos norteamericana (SOIL SURVEY STAFF, 2014).

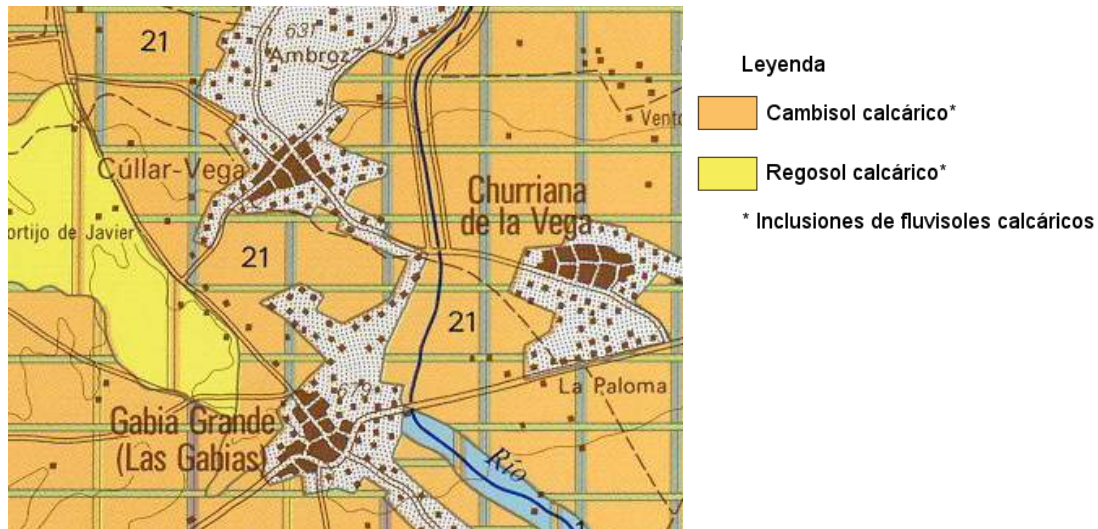


Figura 19: Suelos de la zona de Las Gabias (SIERRA et al., 1992).

La localización exacta, medida con un GPS, se recoge en la Figura 20. La orientación del lado mayor del rectángulo de la parcela es perpendicular al eje sudoeste-noreste.

Latitud (N-S)	Longitud (E-O)
37° 8' 49" N	3° 40' 23" O

Figura 20: Coordenadas de la parcela.

Los resultados del análisis de tierra realizado justo antes de la plantación se muestran en la figura 21.

Nº	Porcentaje (%) de						
	carbonatos	caliza	arcilla	arena	limo	M. O. Ox.	N
1	21,90	10,98	19,15	18,27	62,58	2,28	0,176
2	21,30	11,13	5,00	21,35	73,65	1,84	0,139
3	17,80	10,28	2,95	20,42	76,63	2,34	0,174
4	17,40	9,53	7,55	23,86	68,59	2,08	0,159
5	17,70	9,98	20,40*	22,89*	56,77*	1,66	0,132
6	17,10	9,33	3,40	23,66	72,94	1,97	0,151

Nº	Clasificación	pH	C.E. (mmho/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Rel C/N
1	Fr-Li/	8,0	0,47	46	760	7,44
2	Fr-Li/	8,0	0,33	19	430	7,60
3	Fr-Li/	8,0	0,34	48	570	7,72
4	Fr-Li/	8,2	0,30	31	560	7,50
5	Fr-Li/	8,2	0,24	11	184	7,26
6	Fr-Li/	8,2	0,29	16	410	7,50

*Figura 21: Resultados del análisis de tierra (5 de mayo de 2015). \*: La suma da unas décimas superior al 100%, algún dato puede no ser correcto.*

El suelo es franco limoso, con una adecuada permeabilidad, y un pH ligeramente básico que permite el cultivo de solanáceas (ORTEGA, 2015). Son suelos muy calcáreos (supera el 10% de los mismos), lo que los hace algo alcalinos como se vio anteriormente. La materia orgánica también fue algo alta, considerando alta superar un 2%, según las especificaciones del laboratorio agro-alimentario de Atarfe. El porcentaje de roca caliza también fue bastante alto (> 9). Por el contrario, la cantidad de nitrógeno es muy baja, y comparando la cantidad de nitrógeno con la de carbono en la relación C/N, observamos que dicha relación es inferior a 20, lo que lleva a considerar que la cantidad de carbono es más baja todavía en comparación con la cantidad de nitrógeno. Es un suelo muy rico en potasio (> 150 ppm) (DE LOS ÁNGELES MEGÍA, 2007a). Nos encontramos ante suelos sódicos (IBÁÑEZ, 2008). Las muestras tienen una elevada cantidad de fósforo, especialmente las 1, 3 y 4 (SMART! FERTILIZER, n.d.).

En las fotografías 6, 7 y 8 se observa el proceso de toma de muestras de tierra. En las fotografías 9 y 10 se ejemplifica la evaluación de su color (10YR 5/3), facilitando la comparación de la fotografía de la tierra de cultivo (fotografía 9) con la analizada según SOIL SURVEY STAFF, 2014 (fotografía 10). En la fotografía 11 se muestra una extensión de las muestras de tierra para un análisis complementario al aportado en este trabajo.



*Fotografía 6: Método de llenado de las bolsas de muestra.*



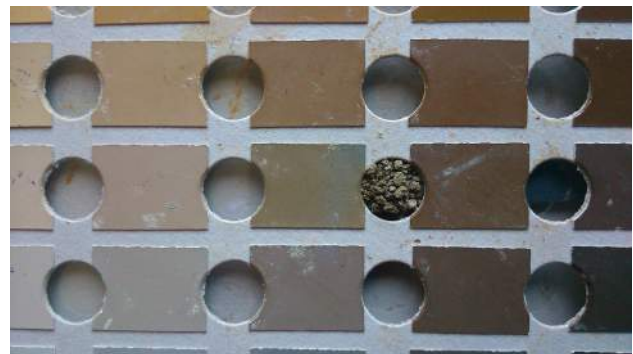
*Fotografía 7: Bolsa de muestra recién tomada número 2.*



**Fotografía 8: Método de toma de muestras de tierra.**



**Fotografía 9: Parcela en el primer riego tras el trasplante.**



**Fotografía 10: Evaluación visual del color del suelo (patrón 10YR 5/3 a su izquierda, SOIL COLOR CHARTS MUNSELL, 1990).**



**Fotografía 11: Extensión de las muestras de tierra. Debido a la iluminación exterior, no se aprecia bien el color en esta fotografía.**

## ***El agua de riego en la Vega de Granada***

De los 400 posibles residuos de plaguicidas en líquidos comúnmente detectados en aguas, no se encontró ninguno ni en el agua de riego, ni en el agua de riego con mayor proporción de agua procedente de darros, previa a la que se utiliza para regar donde están disueltos. En las fotografías 12, 13 y 14 se muestra el lugar donde se tomaron las muestras.



***Fotografías 12, 13 y 14. Canalización del agua de riego hacia la parcela. Tomadas el 24 de Abril.***

Los resultados del análisis se recogen en la figura 22, mostrada en la siguiente página.

Los bicarbonatos en la muestra 1 parecen más elevados que en el resto de las muestras. La conductividad de la muestra con alta cantidad de agua procedente de darros es muy alta. La concentración de cloruro también superó la cantidad de mejor calidad del agua, así como el sodio, potasio, sulfato, amonio, bromato y fosfato. Los demás parámetros fueron adecuados, y sorprendentemente no se encontraron residuos de agroquímicos en ninguna muestra de agua, pese a estar sometida a los vertidos de la red de saneamiento público. La clasificación del agua de mayor calidad (C1-S1), como era de esperar, fue la de menor cantidad de agua procedente de darros, al contrario que en la

muestra 1 (C2-S2). La mejor muestra fue la 2, que pese a ser tomada en el mismo momento aproximadamente, tuvo un SAR muy bajo.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Unidades
pH	7,0	7,3	7,3	Exponencial de la [H <sup>+</sup> ] a 25°C
Conductividad	600	197	199	µS/cm a 20°C
Dureza	< 116 (98)	< 116 (39)	< 166 (44)	mg CO <sub>3</sub> Ca/L
Carbonatos	< 3	< 3	< 3	mg/L
Bicarbonatos	2271	100	105	
Calcio	< 30 (26)	< 30 (10)	< 30 (12)	
Magnesio	< 10 (8)	< 10 (3)	< 10 (4)	
Cloruro	29	< 25 (5)	< 25 (4)	
Sodio	16	1,2	1,1	
Potasio	3,2	< 1,0 (0,1)	< 1,0 (0,1)	
Nitrato	< 5	< 5	< 5	
Sulfato	43	14,2	12,8	
Boro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Litio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Amonio	18,32	5,94	5,50	
Bromato	0,05	0,01	0,01	
Bromuro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Nitrito	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Fluoruro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Fosfato	4,81	< 2	< 2	
Clasificación	C2-S2	C1-S1	C1-S1	
SAR	0,71	0,08	0,71	

Figura 22: Análisis de la composición química del agua.