

**LA REDUCCIÓN DE ABONADO APORTADO
MEDIANTE FERTIRRIGACIÓN NO COMPROMETE LA
FERTILIDAD DEL SUELO, NI LA PRODUCCIÓN Y LA
CALIDAD DEL FRUTO DE TOMATE EN UN
INVERNADERO ECOLÓGICO**



**Marín-Guirao, J.I.; Martín-Expósito, E.; Gervasi-Navarrete,
N.; García-García, M.C.; de Cara-García, M.**

**Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera,
Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) La Mojonera (Almería).**

El suelo arenado constituye uno de los aspectos más característicos del modelo de producción bajo invernadero de Almería.

El intervalo entre la realización del arenado y la necesidad de reponer la materia orgánica para restablecer la fertilidad del suelo, denominado localmente “retranqueo”, varía en función del número de cosechas y de las sucesiones de cultivos que se hayan realizado.

Sin embargo, son muchos los productores certificados en agricultura ecológica que realizan el retranqueo con mayor frecuencia (anual en muchos casos).

Estos productores, como complemento y con la intención de dotar de una completa nutrición a sus cultivos, también recurren a otras sustancias contempladas en el Anexo I, y que, normalmente se aplican mediante fertirrigación.



El presente trabajo tiene como **principal objetivo** evaluar la incidencia, en el segundo año continuado, de la ausencia de fertirriego en el suelo arenado y en un cultivo de tomate de invernadero certificado como ecológico, tras la realización de un abonado de fondo a base de estiércol fresco de oveja.

Para ello, se han abordado los siguientes **objetivos específicos**:

- 1) Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo al inicio del ciclo de cultivo y tras ambos tipos de manejo,
- 2) Evaluación de la producción y calidad del fruto de tomate,
- 3) Estimación de los costes de los fertilizantes incluidos en el plan de fertirrigación.

El ensayo corresponde al segundo año (Campaña 20-21) continuado de un estudio experimental.

Invernadero del tipo “raspa y amagado” con certificación ecológica, localizado en el IFAPA La Mojonera (Almería). Suelo enarenado típico almeriense.

Superficie total del invernadero de 832 m² (600 m² superficie de cultivo).

El sistema de riego presentaba sectores independientes controlados con electroválvulas, dotados de un sistema automatizado de riego por goteo, con emisores de 3 L h⁻¹.





Fotografía 1. Procedimiento para la incorporación al suelo del estiércol de oveja en las líneas de cultivo y posterior solarización.

(A) Apertura de los surcos o “carillas” para apartar la arena, (B) distribución, (C) homogeneización sobre el suelo, (D) incorporación al suelo mediante pase superficial con rotavator, (E) enterrado con la arena, (F) vista del invernadero tras la colocación del plástico para solarización y dar riegos a saturación.



Se estableció un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo “valenciano” injertado sobre portainjerto Armstrong (Syngenta, Suiza), con crecimiento a dos ejes, obteniendo así una densidad final de 2 tallos m⁻².

Trasplante: 25/09/2020, y el cultivo finalizó el 13/04/2021 (231 días después del trasplante (ddt)).

El diseño experimental corresponde a un diseño unifactorial con tres repeticiones (n=3). De esta manera, el ensayo presentó 6 parcelas experimentales de aproximadamente 100 m².

Tratamientos

Agua	Estiércol de oveja a razón de 4 kg m ⁻² . Regado durante el cultivo únicamente con agua.
Fertirriego	Estiércol de oveja a razón de 4 kg m ⁻² + plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación.

Parámetros evaluados

Tensión matricial: Tensiómetros (15 cm profundidad).

Temperatura del suelo: Sensores tipo termistor modelo WAM-200TS-15 y datalogger WATERMARK Monitor 900M para registrar los datos.

Propiedades físicas y químicas del suelo: Muestreo inicial de suelo antes del trasplante y al finalizar el cultivo muestreo de las parcelas experimentales.

Producción y rendimiento: Las medidas de producción y rendimiento se realizaron semanalmente, coincidiendo con todas las cosechas realizadas (15 en total).

Calidad del fruto de tomate: Se evaluó el contenido en sólidos solubles, pH y acidez titulable, en dos estados de maduración (punto de recolección y punto de consumo).

Consumo de abono: Con el fin de estimar el consumo de fertilizantes se llevó a cabo un registro del plan de abonado aplicado al tratamiento fertirriego.

Tensión matricial

La tensión matricial del suelo se mantuvo en ambos tratamientos, a lo largo del ciclo de cultivo, entre 0 y -10 cbar.

Temperatura del suelo

Tabla 1. Acumulación de grados-día en la zona radical del cultivo.

Tratamiento	Grados-día Acumulados (°C)			
	Antes del invierno ¹	Durante el invierno ²	Durante la primavera ³	Total acumulado ⁴
Fertirriego	887,67±19,98 a	524,67±128,47 a	315,33±109,83 a	1727,67±233,97 a
Agua	938,00±136,16 a	644,83±349,65 a	317,17±132,75 a	1900,00±618,32 a
p-valor	0,561	0,606	0,986	0,675

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$, Fisher LSD test).

¹ Periodo 1/10/2020 - 20/12/20; ² periodo 21/12/2020 - 20/03/2021; ³ periodo 21/03/2021 - 20/04/2021;

⁴ periodo 1/10/2020-20/4/2021

Los resultados de temperatura del suelo (grados-día acumulados), no muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos en ningún periodo del ensayo.

El total acumulado en todo el periodo del ensayo fue un 10,0% superior en el tratamiento agua que en el tratamiento fertirriego, aunque sin diferencias significativas.

Propiedades físicas y químicas del suelo

Tabla 2. Variables físicas y químicas del suelo al finalizar el cultivo.

Parámetro analizado	Inicio del ciclo de cultivo			Final del ciclo de cultivo		
	Agua	Fertirriego	<i>p</i> -valor	Agua	Fertirriego	<i>p</i> -valor
pH (Extracto Saturado)	8,4±0,1 a	8,5±0,1 a	0,678	9,0±0,1 a	9,1±0,1 a	0,101
CE (dS/m) (Extracto Saturado)	0,87±0,09 a	1,07±0,24 a	0,241	0,31±0,06 a	0,39±0,03 a	0,103
Materia Orgánica (%)	1,57±0,25 a	1,67±0,23 a	0,640	1,27±0,21 a	1,10±0,10 a	0,270
Relación C/N	7,61±0,11 a	7,02±0,42 a	0,079	6,11±0,67 a	5,99±0,06 a	0,766
Carbono orgánico (%)	0,93±0,16 a	0,96±0,14 a	0,836	0,74±0,12 a	0,64±0,04 a	0,274
N-NO ⁻³ (mg/kg)	77,3±15,5 a	93,3±17,6 a	0,303	8,2±1,0 a	7,2±4,5 a	0,711
N Total (%)	0,123±0,021	0,137±0,015 a	0,422	0,120±0,01 a	0,110±0,01 a	0,288
P Olsen (mg/kg)	56,0±40,9 a	103,2±20,8 a	0,149	47,9±6,5 a	41,3±3,6 a	0,200
Caliza Activa (%)	7,0±0,0 a	6,7±0,6 a	0,374	7,7±0,6 a	8,0±1,0 a	0,682
CaCO ₃ (%)	29,7±5,9 a	31,0±1,0 a	0,701	27,3±1,5 a	29,3±2,5 a	0,304
Na ⁺¹ (mg/kg)	262±21 a	296±60 a	0,405	116±39 a	134±20 a	0,513
K ⁺¹ (mg/kg)	902,3±114,6 a	1095,7±152,5 a	0,154	420±169 a	576±33 a	0,192
Ca ⁺² (mg/kg)	6365±81 a	6156±84 b	0,036	5807±85 a	5679±72 a	0,117
Mg ⁺² (mg/kg) ^x	467±24 a	462±35 a	0,839	291±19 a	238±5 b	0,009
Relación Ca/Mg	13,6±0,8 a	13,4±0,8 a	0,711	20,0±1,4 b	23,9±0,4 a	0,010
Relación Ca/K	7,1±1,0 a	5,7±0,8 a	0,110	15,3±5,6 a	9,9±0,7 a	0,172
Relación Mg/K	0,5±0,1 a	0,4±0,1 a	0,101	0,8±0,3 a	0,4±0,0 a	0,065
% Arcilla	35,5±1,1 a	33,3±2,1 a	0,186	21±2 a	19±1 a	0,157
% Limo	31,5±10,2 a	22,2±11,9 a	0,346	21±2 a	20±2 a	0,623
% Arena	32,9±9,2 a	44,5±13,6 a	0,289	58±4 a	61±3 a	0,342

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$, Fisher LSD test).

Producción y rendimiento

No existieron diferencias significativas entre los dos tratamientos en ninguna de las cosechas, ni en la producción comercial acumulada (Figura 1), ni en el número de frutos acumulados a lo largo del ciclo de cultivo (Figura 2).

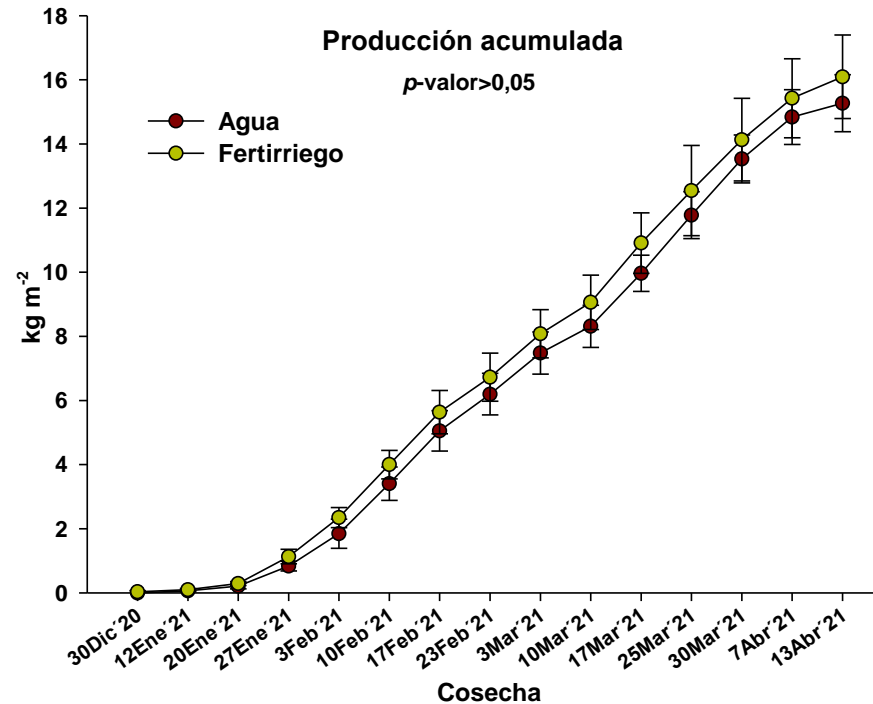


Figura 1. Producción comercial acumulada del cultivo de tomate.

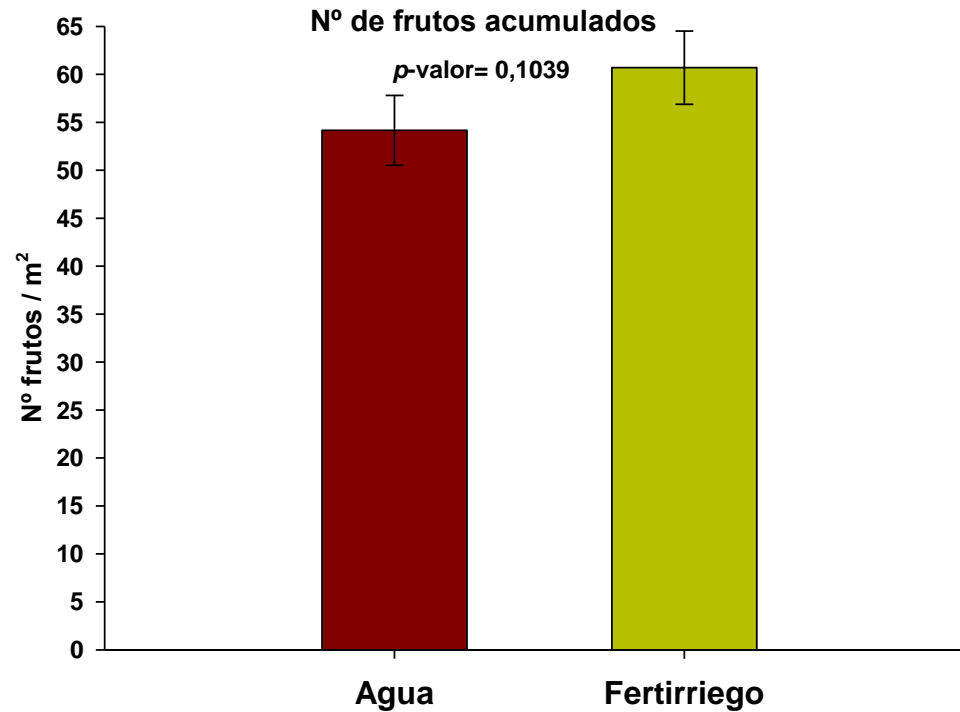


Figura 2. Número de frutos de tomate acumulados por unidad de superficie..

Tabla 3. Parámetros de calidad organoléptica del fruto de tomate “tipo valenciano”.

Tan solo el contenido en sólidos solubles totales (°Brix) en el “punto de recolección” presentó diferencias entre tratamientos en uno de los muestreos.

Tratamiento	Parámetros de calidad organoléptica			Estado de maduración del fruto
	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez activa (pH)	Acidez Titulable (%Ácido cítrico)	
Muestreo 1 (19/02/2021)				
Agua	3,55±0,15 b	4,43±0,11 a	0,50±0,06 a	Punto de recolección
Fertirriego	3,86±0,10 a	4,35±0,08 a	0,53±0,06 a	
p-valor	0,044	0,375	0,662	
Agua	4,32±0,34 a	4,39±0,18 a	0,45±0,04 a	Punto de consumo
Fertirriego	4,40±0,34 a	4,40±0,05 a	0,46±0,08 a	
p-valor	0,799	0,908	0,902	
Muestreo 2 (20/04/2021)				
Agua	4,32±0,13 a	4,03±0,10 a	0,50±0,02 a	Punto de recolección
Fertirriego	4,52±0,04 a	4,03±0,08 a	0,56±0,08 a	
p-valor	0,072	0,964	0,275	
Agua	4,77±0,09 a	3,13±0,09 a	0,75±0,25 a	Punto de consumo
Fertirriego	4,69±0,16 a	3,67±0,35 a	0,60±0,02 a	
p-valor	0,447	0,061	0,375	

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$, Fisher LSD test).

Tabla 4. Estimación del coste de los fertilizantes aplicados mediante fertirrigación durante el ciclo de cultivo de tomate, en los 300 m² de las parcelas tratamiento fertirriego.

Fertilizantes	Cantidad (kg o L)	Precio (kg o L)	Coste (€, IVA incluido)
Vinagre	116,50	0,67	85,06
Calcio	34,50	2,4	91,08
Sulfato de magnesio	14,8	0,38	6,19
Sulfato potásico	58	0,79	50,40
Cloruro sódico	25	0,24	6,60
Abono 4-1-7,5+0,5Mg	66,25	3,5	255,06
Microelementos	5,48	2,9	17,47
Aminoácidos	23	2,35	59,46
Ácidos Húmicos	19	1,4	29,26
Coste total (IVA incluido)			601,37

El coste de los fertilizantes aportados durante el ciclo de cultivo en las parcelas fertirrigadas, en conjunto con el correspondiente al estiércol de oveja incorporado con antelación al inicio del cultivo (i.e. 0,42 € m⁻², no incluye mano de obra), ascendió a 24.245 € ha⁻¹ (IVA incluido).

La incorporación de estiércol de oveja como abonado de fondo sin posterior fertirrigación supuso un ahorro del 82,6% sobre el coste de las parcelas fertirrigadas (20.045 € ha⁻¹).

Los resultados del estudio sugieren que un abonado de fondo a base de estiércol de oveja aportado con antelación a la implantación del cultivo, es suficiente para mantener la fertilidad del suelo, y sostener de forma eficiente la producción y los principales parámetros de calidad del fruto, en un cultivo de tomate ecológico de invernadero desarrollado en suelo arenado, sin necesidad de realizar aportes adicionales mediante fertirriego, y con el consiguiente ahorro económico y beneficio ambiental.

Estos resultados tienen aún mayor relevancia al considerar que se corresponden con el segundo año continuado del estudio.



Junta de Andalucía

Consejería de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Desarrollo Sostenible

Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica



www.ifapa.es