




**Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos**

Juan José Magán Cañadas

**Proyecto RTA 2012-00039-C02-02**  
«Mejora de la Productividad y la Sostenibilidad de los invernaderos pasivos mediterráneos mediante el control del microclima en periodos fríos»




**Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos**



### Introducción

- La fertirrigación no es el factor más decisivo en cuanto al efecto sobre el desarrollo del cultivo.
- El aporte de agua y fertilizantes en fertirrigación suele estar basado en la experiencia, tratando de evitar deficiencias que limiten la producción.
- La fertirrigación tiene una fuerte repercusión sobre la sostenibilidad de la producción debido a los problemas de contaminación ambiental por lixiviación que puede generar.
- Para conseguir un manejo eficiente de la fertirrigación, es necesario ajustar el aporte de agua y nutrientes a los requerimientos del cultivo.
- Para abonar bien primero hay que regar bien.



### Estrategias de manejo de la fertirrigación

- Manejo prescriptivo: aporte en base a las necesidades teóricas calculadas mediante modelos
- Manejo correctivo: ajuste del aporte en base a síntomas o medidas en suelo/planta
- Manejo prescriptivo-correctivo: calculo del aporte según las necesidades teóricas y corrección en parcela según indicadores en planta/suelo

### Manejo prescriptivo del riego: cálculo de la ETC

$$ETc = ETo \times Kc$$

ETo

Kc

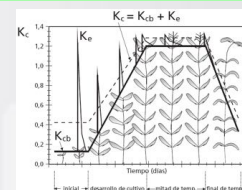
Clima

Cultivo

**-Radiación**  
-Viento  
-Temperatura y  
Humedad

Evaporación suelo

**Tipo de cultivo**  
**Crecimiento cultivo**



### Manejo prescriptivo del riego: cálculo de las necesidades hídricas



- Datos climáticos de la explotación
- Datos climáticos medios
- Programación de riegos individualizada (fecha de siembra, transmisividad, frecuencia de riego, etc)

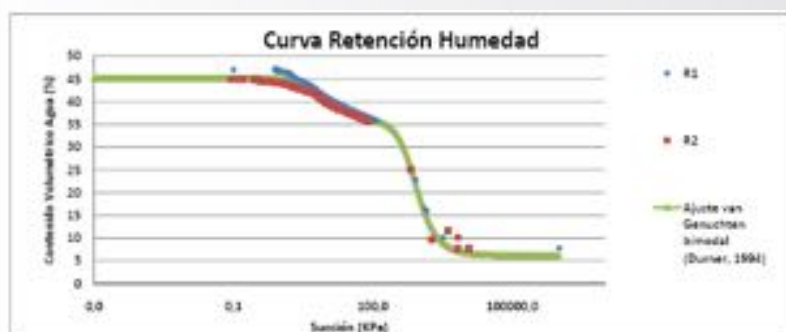
### Manejo correctivo del riego: uso de sensores

- Ayudan a establecer el momento oportuno y el volumen de riego.
- Tipos de sensores:
  - Sensores que miden la humedad del suelo:
    - Sensores que miden el potencial matricial del suelo (tensiómetros, sensores de matriz granular)
    - Sensores que miden el contenido volumétrico de agua en el suelo (FDR)
  - Sensores que miden el estado hídrico de la planta



### Manejo correctivo del riego: uso de sensores

En el rango de humedad del suelo que se maneja en fertirrigación, la medida del potencial matricial es más sensible que la del contenido volumétrico de agua.



### Manejo correctivo del riego: uso de tensiómetros

- Rango de potencial matricial
  - Otoño-invierno: -20-40 cbares, se deben evitar potenciales de -10-15 cbares.
  - Primavera: -15-30 cbares, evitar potenciales de -40 cbares que pueden provocar estrés hídrico.
  - Drenaje: -30 cbares a 25-30 cm debajo de la capa de arena minimiza las pérdidas por drenaje.
- Localización de los tensiómetros
  - Situarlo entre 0 y 12 cm del gotero.
  - Cuanto mayor sea la dosis de riego más alejado debe situarse del gotero.

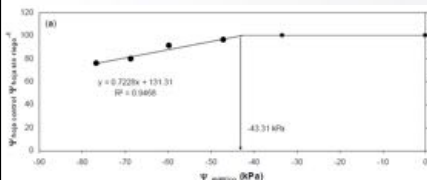


Tabla 2 Valores umbrales de  $\Psi_m$  del suelo, agua disponible para el suelo aportado (0-0.2 m) y agua disponible para el perfil completo (0.2-0.4 m) para los distintos cultivos y ciclos de desecación aplicados.

Cultivo (Ciclo de desecación)	Umbral de déficit hídrico en planta.		
	$\Psi_m$ (kPa)	Agua disponible (%) suelo aportado	Agua disponible (%) todo el perfil
Pimiento (1)	-41.5	81	94
Pimiento (2)	-58.0	72	87
Melón (2)	-35.4	76	89
Tomate otoño-invierno (1)	-36.2	77	81
Tomate otoño-invierno (2)	-49.7	76	90
Tomate primavera-verano (1)	-49.4	73	85
Tomate primavera-verano (2)	-43.3	70	84

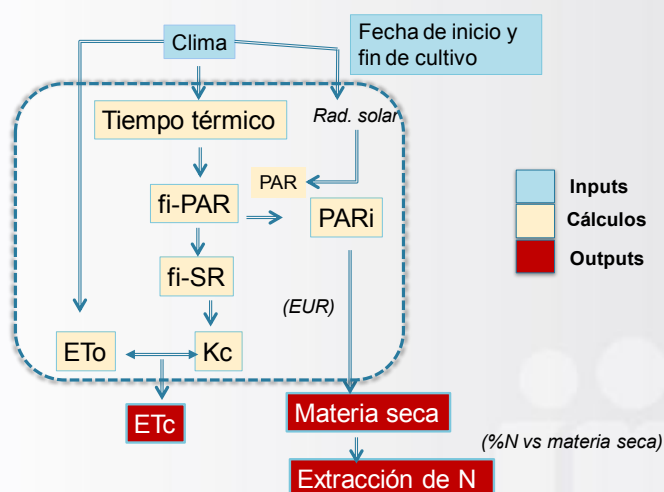
### Manejo prescriptivo de la fertilización

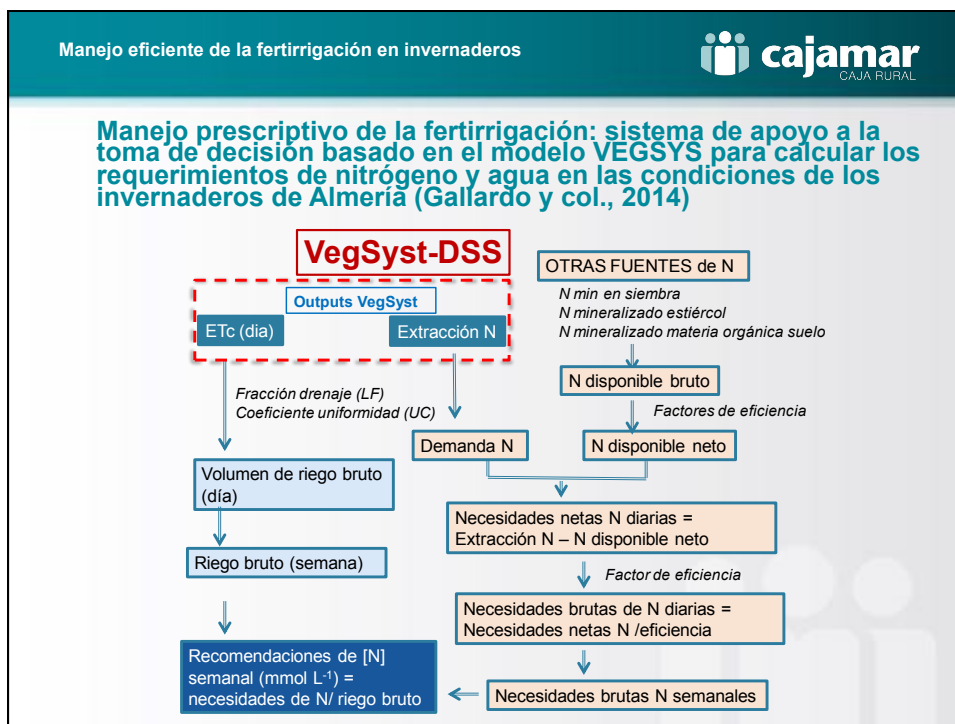
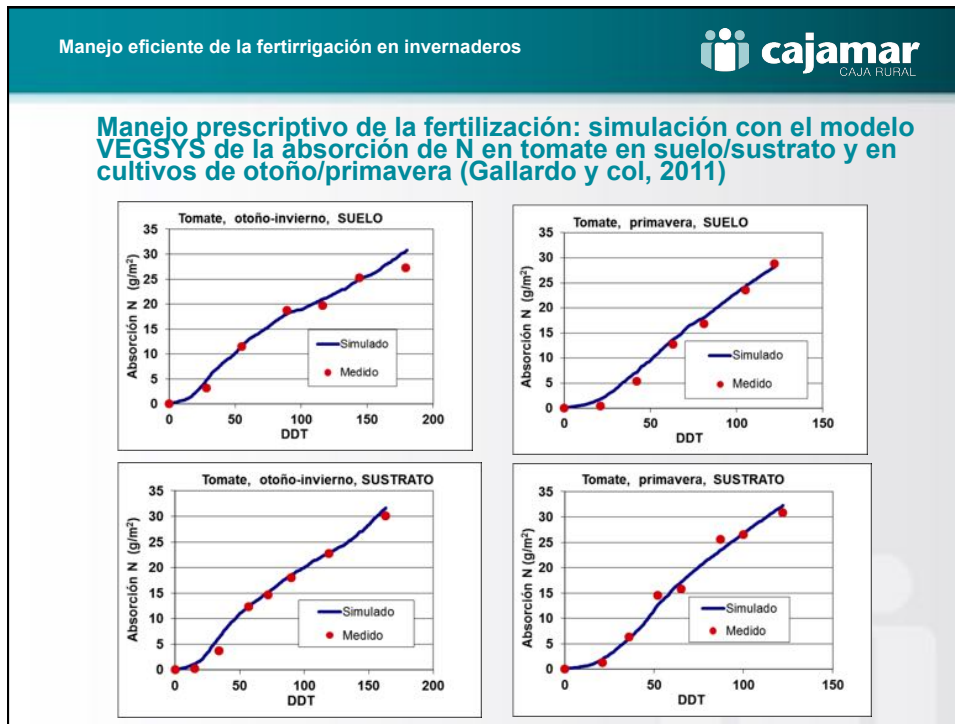
Habitualmente se establecen recetas de abonado que no tienen en cuenta el aporte de nutrientes por parte del suelo, lo que lleva a una sobrefertilización.

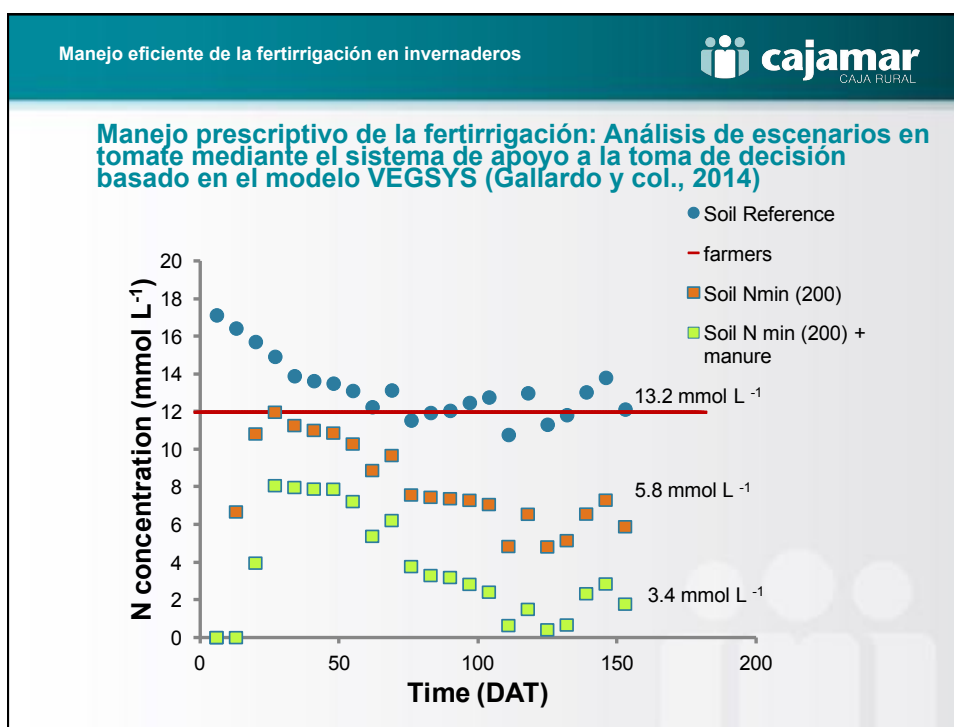
Un manejo prescriptivo optimizado de la fertilización requiere disponer de modelos que permitan estimar la absorción de nutrientes:

- Determinación de la evolución de la producción de materia seca a partir de parámetros climáticos
- Cálculo del contenido en nutrientes de la biomasa → extracción de nutrientes

### Manejo prescriptivo de la fertilización: modelo VEGSYS desarrollado para la estimación de la extracción de nitrógeno en las condiciones de los invernaderos de Almería (Gallardo y col, 2011)







Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos

**cajamar**  
CAJA RURAL

**Manejo correctivo de la fertilización: monitorización de la solución del suelo**

La monitorización de la solución del suelo se puede realizar mediante:

- Extracción de la solución del suelo (extracto saturado, extracto 1:2, etc)
- Extracción directa de la solución mediante sonda de succión / Rhizon

Ventajas de la extracción directa de la solución del suelo frente al extracto del suelo:

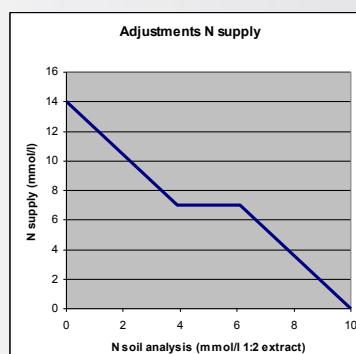
- Extracción in situ de la disolución del suelo, sin diluciones
- Permite conocer la composición iónica de la disolución mediante análisis
- Extracción de la muestra sencilla y poco costosa, sin alteración del suelo
- Análisis rápido y barato





### Manejo correctivo de la fertilización: extracto 1:2 (suelo:agua)

- Se usa ampliamente en Holanda en cultivos de invernadero en suelo para valorar el contenido de nitrógeno y otros nutrientes, así como la CE.
- Durante el cultivo se utiliza para ajustar la solución nutritiva:
  - Se establece una solución nutritiva estándar para cada cultivo
  - La solución se ajusta de acuerdo a la concentración en el extracto 1:2

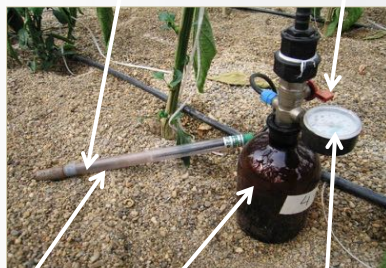


### Manejo correctivo de la fertilización: sondas de succión

- La cápsula cerámica porosa se posiciona en la zona de máxima densidad de raíces (10-20 cm de profundidad)
- Se aplica vacío a -60 kPa durante 12-24 horas.
- Se utiliza en suelos húmedos.
- Existe variabilidad espacial.

Cápsula de cerámica porosa

Llave



Tubo de PVC

Botella de topacio

Vacuómetro



Bomba de vacío adaptada



Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos

**cajamar**  
CAJA RURAL

### Manejo correctivo de la fertilización: sondas de succión

Concentraciones medias de nutrientes para tomate en el Poniente almeriense (Lao, 1998)

	Unidades	SN	SONDA	SN/SONDA
pH		5,99	7,83	0,76
CE	dS m <sup>-1</sup>	2,4	2,9	0,82
Nitratos	mMol L <sup>-1</sup>	11,67	12,69	0,92
Amonio	mMol L <sup>-1</sup>	1,59	0,69	2,30
Fosfatos	mMol L <sup>-1</sup>	1,26	0,22	5,73
Potasio	mMol L <sup>-1</sup>	7,94	6,02	1,32
Calcio	mMol L <sup>-1</sup>	3,52	5,55	0,63
Magnesio	mMol L <sup>-1</sup>	1,99	4,23	0,47
Sodio	mMol L <sup>-1</sup>	4,55	6,89	0,66
Cloruros	mMol L <sup>-1</sup>	4,79	7,34	0,65

