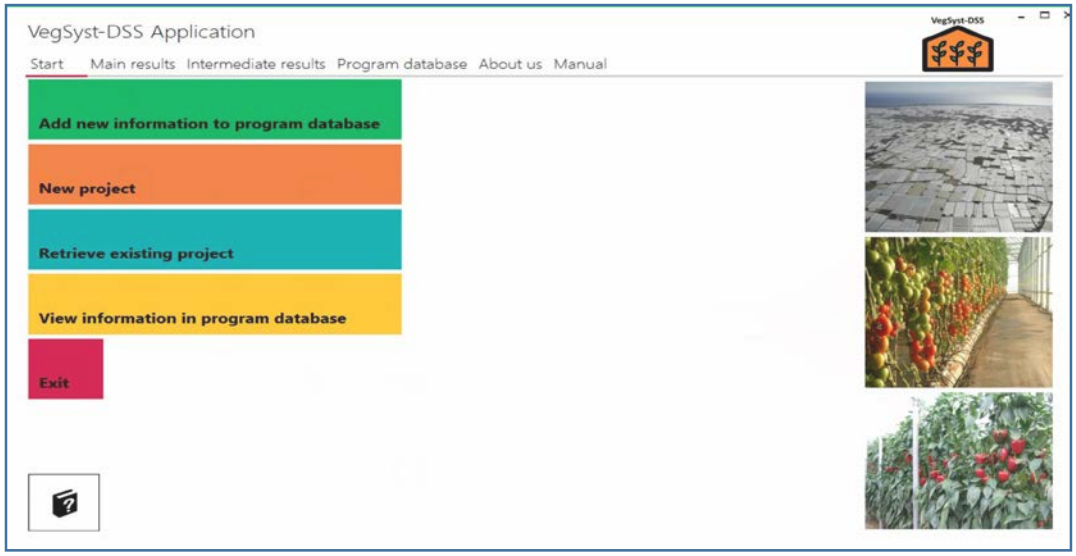


VegSyt-DSS: herramienta para la toma de decisiones en el manejo de la fertilización N en cultivos hortícolas de invernadero

Marisa Gallardo
Departamento de Agronomía
Universidad de Almería

Razones para mejorar el manejo del N

- Reducir contaminación de acuíferos con NO_3^- lixiviado desde los invernaderos (legislación autonómica, nacional y europea)
- Presión de la sociedad y de consumidores para reducir el impacto ambiental de la agricultura
- Reducir costes económicos

¿Cómo podemos mejorar el manejo del N?

MANEJO DE N DE SEGURIDAD
(basado en *incertidumbre*)

Reemplazar INCERTIDUMBRE por INFORMACIÓN

MANEJO DE N MEJORADO
(basado en *información*)

Análisis de N en suelo

Monitorización de N en planta

Sistemas de ayuda a la toma de decisiones (DSS) y modelos de simulación

VEGSYST-DSS- herramienta de ayuda al manejo del N en fertirriego en cultivos de invernadero

Inputs

Datos climáticos
- Temperatura y HR invernadero
- Radiación solar exterior

Datos de cultivo
- Especie
- Ciclo de cultivo
- Encalado

Datos de suelo
- Profundidad sistema radicular
- Aplicaciones estiércol
- N mineral inicial

VegSyst-DSS

Outputs

- Necesidades de N
- Necesidades de riego
- Concentración N solución

(Valores diarios, semanales, mensuales o estacionales)

Especies: tomate, pimiento, pepino, calabacín, berenjena, melón y sandia

Recomendaciones de riego y N en fertirriego y riego por goteo **adaptables** a variaciones en especie, medio de cultivo, clima, ciclo de cultivo, invernadero, cubierta

Componentes del VegSyst-DSS

Modelo VegSyst + DSS

El modelo de simulación calcula valores diarios/estacionales de:

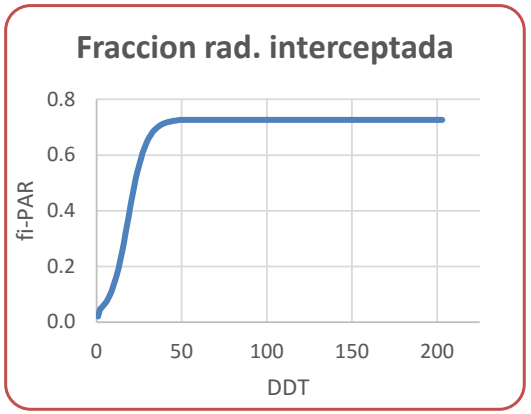
- Producción de materia seca
- Extracción de N del cultivo
- Evapotranspiración del cultivo (ETc)

VegSyst-DSS

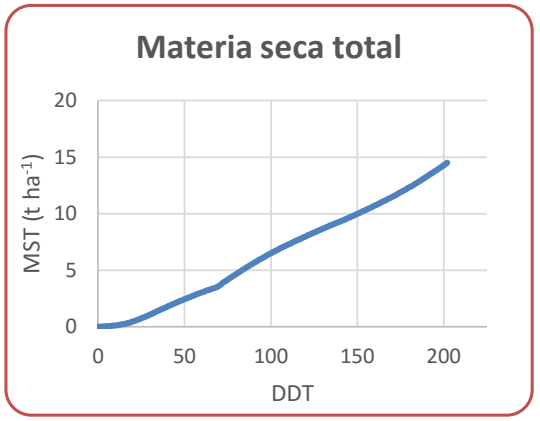
- Balance de N diario
- Volumen de riego considerando la salinidad del agua y la uniformidad del sistema de riego

Modelo VegSyst

Temperatura

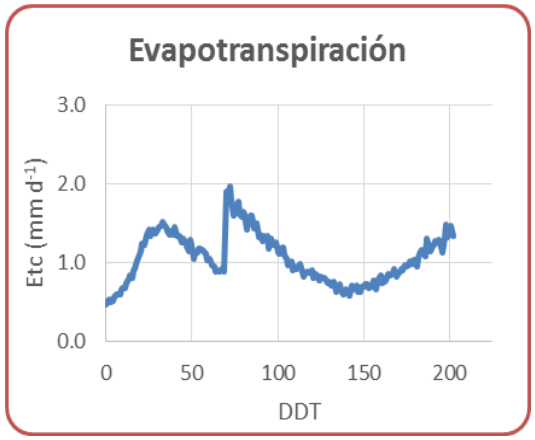


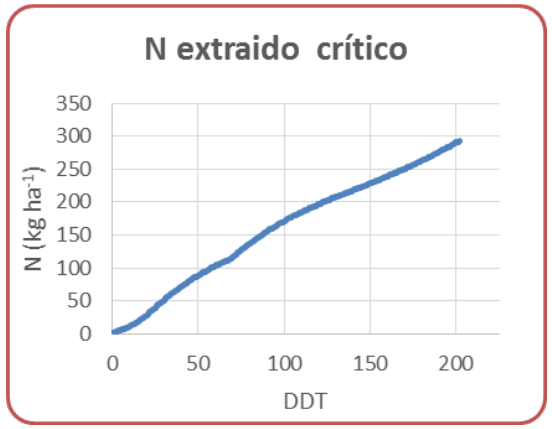
Radiación



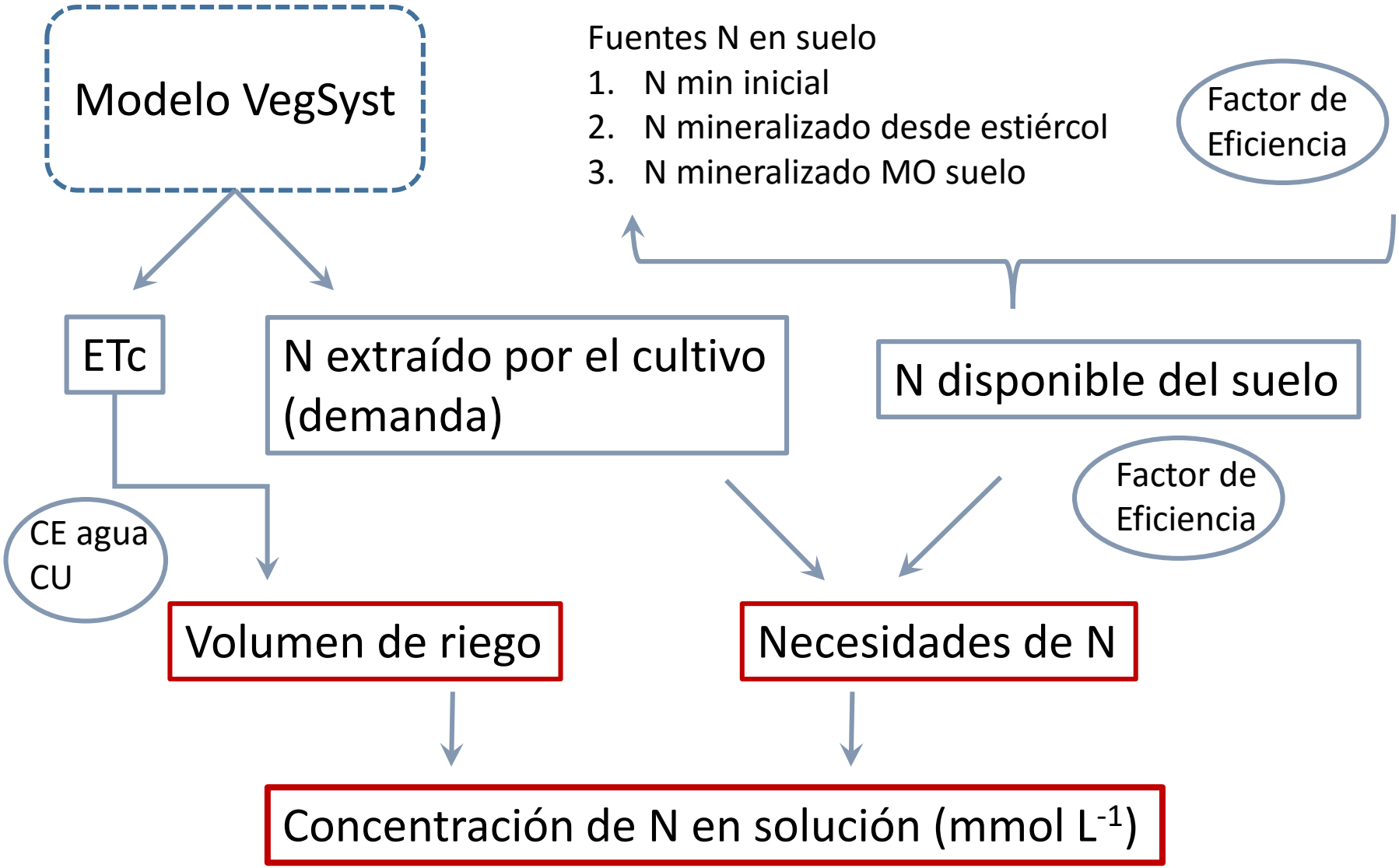
Curva crítica N

Temperatura y
Radiación exterior





N crítico- contenido mínimo
de N en planta para obtener máxima biomasa


Modelo VegSyst
Fuentes N en suelo
1. N min inicial
2. N mineralizado desde estiércol
3. N mineralizado MO suelo
Factor de Eficiencia
ETc
N extraído por el cultivo (demanda)
N disponible del suelo
Factor de Eficiencia
CE agua
CU
Volumen de riego
Necesidades de N
Concentración de N en solución (mmol L-1)

Presentación del software

VegSyst-DSS Application

Start | Main results | Intermediate results | Program database | About us | Manual

Add new information to program database

Añadir información a la base de datos

New project

Crear proyecto nuevo

Retrieve existing project

Descargar proyecto (existente)

View information in program database

Exit

Primer paso- Añadir información a la base de datos

VegSyst-DSS Application

Start | Main results | Intermediate results | Program database | About us

Add new information to program database

New project

Retrieve existing project

View information in program database

Exit

Add climate — ***Clima***

Add manure — ***Estiércol***

Add irrigation — ***Sistema de riego***

Add soil — ***Suelo***

Añadir archivo Excel con datos de clima

VegSyst-DSS Application

Start | Main results | Intermediate results | Program database | About us

Add new information to program database

New project

Retrieve existing project

View information in program databa

Exit

Import Climate

Import excel file

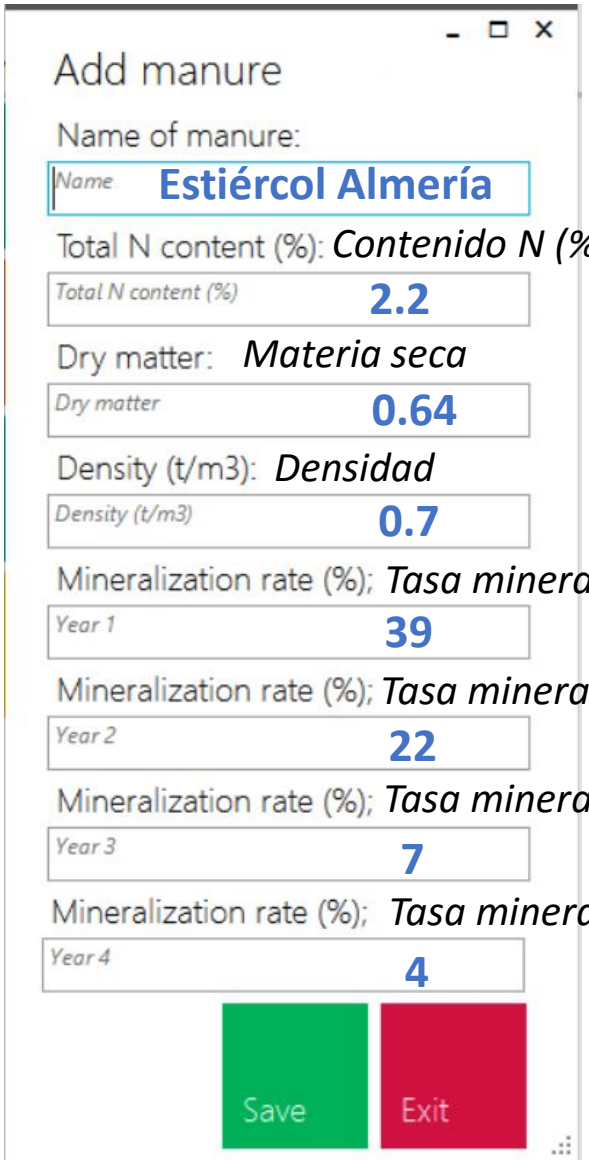
Save

Exit

Archivo Excel con datos de clima- por defecto datos históricos de Cajamar

Name	CAJAMAR-HISTORICAL					
	degrees	minutes	N/S			
Latitude	36	48	N			
DOY	Tmax	Tmin	RHmax	RHmin	SR outside (MJ m^{-2} d^{-1})	TR
1	19.6	7.5	90.4	60.3	8.24	0.65
2	19.6	7.4	91.6	57.4	8.98	0.65
3	19.7	6.9	92.2	59.6	8.98	0.65
4	20.0	6.9	92.1	58.4	9.31	0.65
5	20.2	7.3	92.1	58.8	9.30	0.65
6	18.9	6.7	93.4	56.2	8.60	0.65
7	18.9	6.2	93.1	60.2	8.89	0.65
8	18.8	6.3	92.0	59.6	8.65	0.65
9	19.2	6.2	92.6	57.7	9.74	0.65
10	18.8	6.7	91.9	57.7	8.11	0.65
11	20.2	6.9	90.7	62.8	9.06	0.65
12	19.8	6.9	93.9	61.1	9.63	0.65
13	19.8	6.5	91.6	60.1	10.27	0.65
14	19.5	7.3	91.8	61.3	9.02	0.65
15	20.2	7.0	92.3	60.6	9.13	0.65
16	19.3	6.8	91.9	61.0	9.17	0.65
17	21.1	7.1	91.4	58.9	10.21	0.65
18	20.3	6.9	91.4	59.3	9.88	0.65
19	20.5	7.5	91.3	57.4	9.89	0.65
20	21.0	6.9	89.5	57.4	10.10	0.65
21	21.1	7.0	91.5	60.4	10.64	0.65
22	20.5	7.3	93.2	62.3	9.48	0.65
23	21.1	7.0	92.5	59.3	9.77	0.65
24	21.0	7.0	90.2	58.3	10.18	0.65

Creación archivo de estiércol



Tipo estiércol	Description	Total N content (%)	Mineralization coefficients (%)			
			Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
Oveja	Almeria	2.2	39	22	7	4
Ave-1	hens fresh	4.5	90	10	5	5
Ave-2	broilers and turkeys, fresh	3.8	75	5	5	5
Ave-3	broilers and turkeys, aged	3	60	5	5	4
Cerdo		2.8	90	4	2	2
Dairy fresh		3.5	50	15	5	5
liquid Liquido en tanque		3	42	12	6	4
Vacuno-1	fresh	3.5	75	15	10	5
Vacuno-2	dry	2.5	40	25	6	3
Vacuno-3	dry	1.5	35	15	10	5
Vacuno-4	dry	1	20	10	5	5

Creación archivo de riego

Add irrigation layout

Configuración riego

Name:

Enter name **Simple-1.5 x 0.5**

Dripper flow rate (L/h):

Enter value **3** *Caudal gotero (L/h)*

Single drippers line *Líneas simples de goteros*

Distance between lines (m):

Enter value **1.5** *Distancia entre líneas*

Distance between drippers within lines (m):

Enter value **0.5** *Distancia entre goteros*

Double drippers lines *Líneas pareadas de goteros*

Distance between pairs (m):

Enter value **1.2** *Distancia entre líneas alejadas*

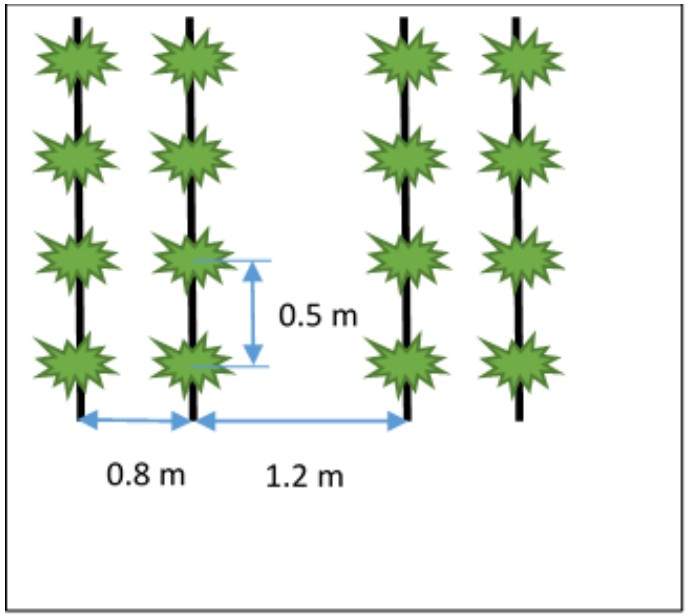
Distance within pairs (m):

Enter value **0.8** *Distancia entre líneas pareadas*

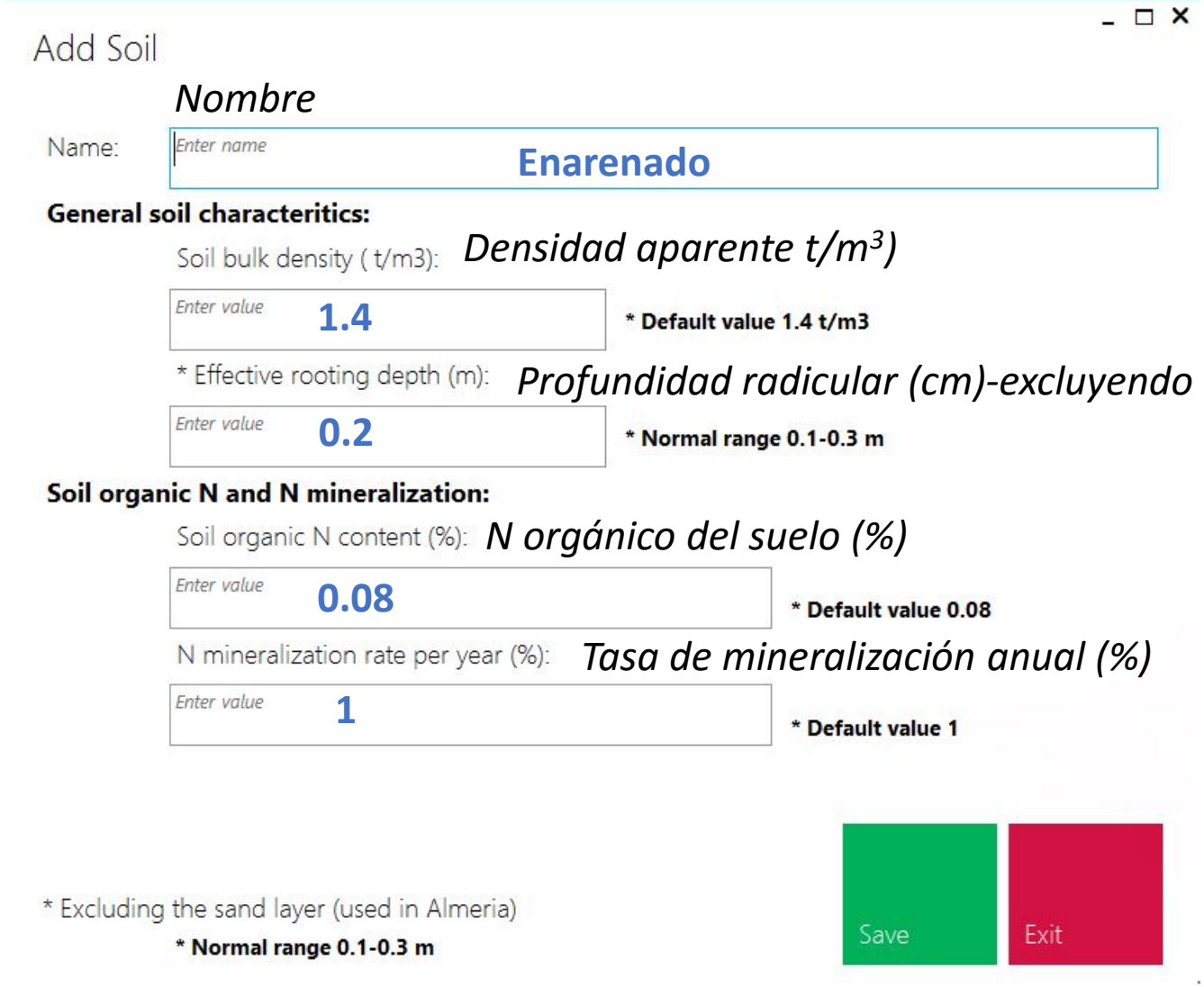
Distance between drippers within lines (m)

Enter value **0.5** *Distancia entre goteros*

Save Exit



Creación archivo de suelo



Creación proyecto nuevo

New project

Name of project:
TOMATE OTOÑO *Nombre*

Size of greenhouse (m2):
10000 *Superficie invernadero*

Select cropping media: *Medio cultivo*
- (•) Soil
- ( ) Substrate

*** Climate:** *Clima*
CAJAMAR-HISTORICAL

*** Soil:** *Suelo*
Enarenado soil

*** Irrigation layout:**
Single 1.5 x 0.5 *Configuración riego*

Salinity: *Salinidad*
Set salinity of irrigation water

Consider uniformity coefficient: *Considera coeficiente uniformidad*
- (•) Yes 0.95
- ( ) No

Fecha última aplicación estiércol

Date of most recent manure application:
05 August 2014

Volume of manure applied (m3/ha):
50 *Volumen de estiércol aplicado*

Type of manure: *Tipo de estiércol*
Standard Almeria sheep manure

Crop species: *Cultivo*
TOMATO

Planting method: *Siembra o trasplante*
- (•) Transplanting
- ( ) Sowing

Transplanting/sowing date:
05 August 2015 *Fecha trasplante*

End of crop
24 February 2016 *Fecha fin cultivo*

****Soil mineral N: (kg N/ha)**
Soil mineral N at planting: ☐ Unknown
100 *N mineral en suelo inicial*

ETo Equation: *Ecuación de ETo*
- ( ) FAO56 Penman-Monteith (fixed ra)
- (•) Almeria radiation

Whitening *Manejo del Encalado*
☐ No whitening *Sin Encalado*

Date of application
05 August 2015 *Fecha de aplicación*

Date of removal
15 October 2015 *Fecha de eliminación*

Transmissivity values
0.00 *Transmisividad tras encalado*

If not measured, select type of whitening:
( ) Light - 0.45 (•) Medium - 0.30 ( ) Severe - 0.20

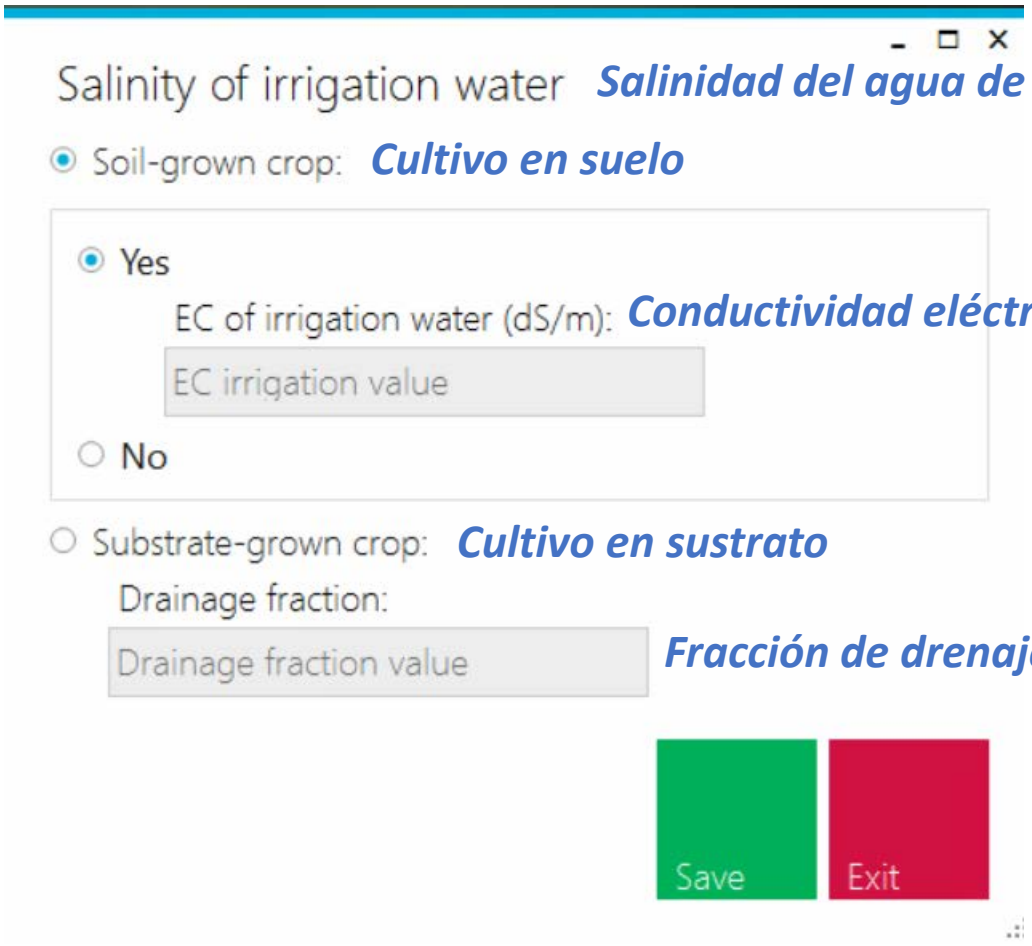
Add | Remove

Date of application	Date of removal	Transmissivity
05/08/2015	15/10/2015	0.3

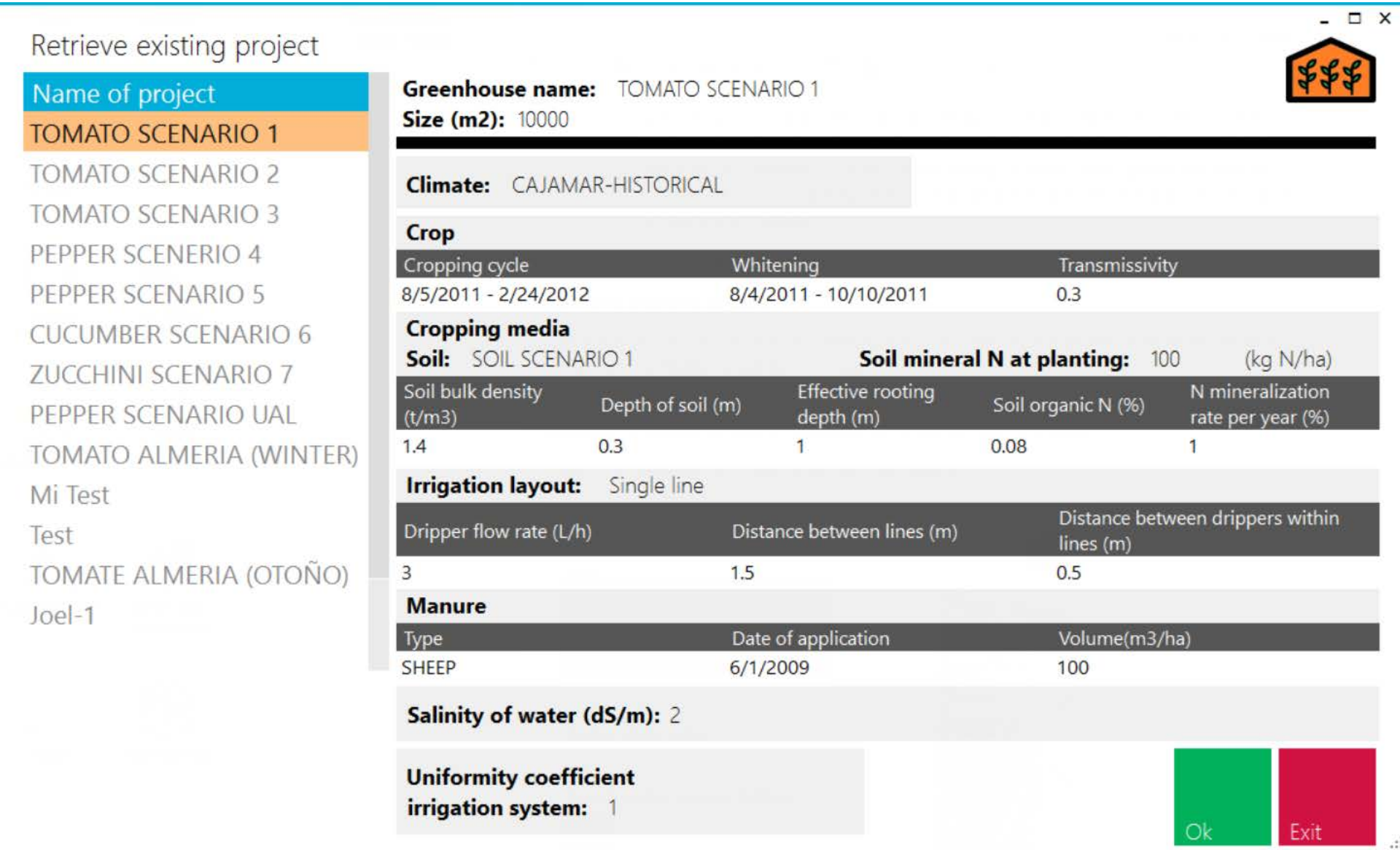
*** Add new information to database on start windows**
**** In the root zone (e.g. 0-30 cm soil depth)**

Save | Exit

Manejo de la salinidad



Descargar un proyecto existente



Resultados globales

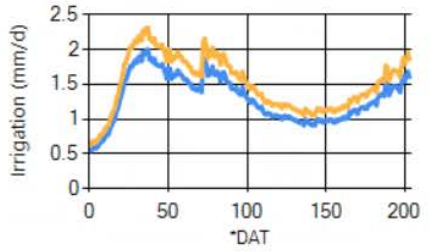
- En Pantalla- Gráficos y tabla
- Descarga de archivos (Excel)

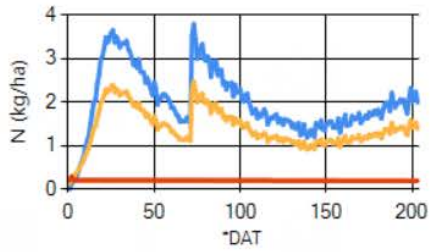
VegSyst-DSS Application

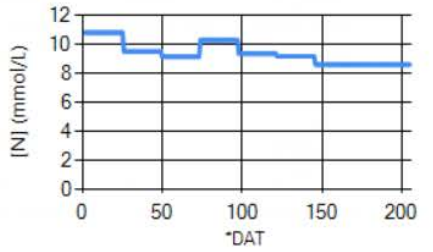
Start | Main results | Intermediate results | Program database | About us

Export report to EXCEL

Daily values during the crop *Valores diarios durante el ciclo*







Day after transplanting	Irrigation volume (mm)	Irrigation time (min)	N fertilizer (Kg/ha)	N Concentration (mmol/L)
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.63	9.38	0.00	0.00
3	0.69	10.29	0.12	1.27
4	0.69	10.28	0.18	1.86
5	0.69	10.03	0.21	2.26
6	0.69	10.38	0.29	2.95
7	0.75	11.18	0.41	3.94
8	0.77	11.59	0.54	5.02
9	0.79	11.79	0.62	5.66
10	0.82	12.27	0.74	6.50
11	0.87	13.08	0.96	7.85
12	0.90	13.43	1.10	8.77
13	0.91	13.62	1.23	9.68
14	1.01	15.08	1.49	10.62
15	1.06	15.87	1.76	11.91
16	1.12	16.81	2.00	12.76

Días después trasplante *Volumen riego* *Minutos de riego* *Fertilizante N* *Concentración N en solución*

*Day after transplanting

Descarga r

Option selection

- Short excel report
  - Irrigation require
  - N fertilizer
- Detailed excel rep
  - Irrigation require
  - N uptake
  - N sources
  - Fertilizer requirer

Repo

Libro1 - Excel

ARCHIVO | INICIO | INSERTAR | DISEÑO DE PÁGINA | FÓRMULAS | DATOS | REVISAR | VISTA | DESARROLLADOR | COMPLEMENTOS | ACROBAT

Pegar | Calibri | 24 | General | Formato condicional | Dar formato como tabla | Estilos de celda | Insertar | Eliminar | Formato | Ordenar y filtrar

Portapapeles | Fuente | Alineación | Número | Estilos | Celdas | Modificar

A1 | VegSys-DSS

VegSys-DSS

13/03/2016

TOMATE ALMERIA (OTOÑO)

Project:	TOMATE ALMERIA (OTOÑO)	**Climate:**	CAJAMAR-HISTORICAL
		Latitude:	36º 43' N

Sumary

Irrigation Volume	(mm)	306.97
Soil mineral N	(kg/ha)	49.51
Mineralized N	(kg/ha)	30.98
N crop uptake	(kg/ha)	285.25
N fertilizer requirement	(kg/ha)	408.48
Total amount of irrigation	(m3)	306.97
Total amount of N fertilizer	(kg)	40.85

				Irrigation Requirements					N Fertilizer	
	Date	DAT	Weeks	Daily volume	Cumulative volume	Weekly irrigation volume	Daily irrigation time	weekly irrigation time	Daily fertilizer requirements	N concentration (4 weeks)
				mm/d	mm	mm/w	min	min w-1	kg/ha d	mmol N/L
1	05/08/2011	0	1							
2	06/08/2011	1		0.63	0		9.38		0	9.27
3	07/08/2011	2		0.69	0.63		10.29		0.12	9.27
4	08/08/2011	3		0.69	1.31		10.28		0.18	9.27
5	09/08/2011	4		0.67	2		10.05		0.21	9.27
6	10/08/2011	5		0.69	2.67		10.38		0.29	9.27
7	11/08/2011	6	2	0.75	3.36	4.1	11.18	4.1	0.41	9.27
1	12/08/2011	7		0.77	4.1		11.59		0.54	9.27
2	13/08/2011	8		0.79	4.88		11.79		0.62	9.27
3	14/08/2011	9		0.82	5.66		12.27		0.74	9.27
4	15/08/2011	10		0.87	6.48		13.08		0.96	9.27
5	16/08/2011	11		0.9	7.35		13.43		1.1	9.27

Hoja1

LISTO

Informe detallado- valores diarios

Necesidades hídricas

ETo - Volumen riego
Kc - Tiempo de riego
ETc - Tiempo semanal

Extracción N

- Extracción N diaria
- Extracción estacional

Aportes N del suelo

- N min suelo día y acumul.
- N mineralizado N
- Aporte total N

Necesidades de N

- Necesidades N (diarias acuml. y semanales)
- Concentración N semanal

Y en periodos de 4 semanas

VegSys-DSS

18/05/2016

TOMATO-SOIL

Project:	TOMATO-SOIL	Climate:	CAJAMAR-HISTORICAL
		Latitude:	36º 43' N

Sumary

Irrigation Volume	(mm)	257.14
Soil mineral N	(kg/ha)	99.02
Mineralized N	(kg/ha)	26.6
N crop uptake	(kg/ha)	285.25
N fertilizer requirement	(kg/ha)	318.13
Total amount of irrigation	(m3)	257.14
Total amount of N fertilizer	(kg)	31.81

				IRRIGATION REQUIREMENTS							N UPTAKE		N SOURCES					FERTILIZER REQUIREME			
	Date	DAT	Weeks	ETo (mm/d)	kc	ETc (mm/d)	Daily volume (mm/d)	Cumulative volume (mm)	Weekly irrigation volume (mm/w)	Daily irrigation time (min)	weekly irrigation time (min/w)	Daily crop N uptake (kg/ha/d)	Cumulative crop N uptake (kg N)	Daily soil mineral N (kg/ha/d)	Cumulative soil mineral N (kg/ha)	Mineralized N (daily) (kg/ha/d)	Mineralized N (cumulative) (kg/ha)	Total Net N supply (kg/ha/d)	Daily N fertilizer requirements (kg/ha/d)	Cumulative N fertilizer requirements (kg/ha)	Weekly N fertilizer requirements (kg/ha)	Weekly N concentration (mmol N/L)	Aver four N conc (mm
1	05/08/2015	0	1																				
2	06/08/2015	1		2.18	0.22	0.48	0.53	0		7.92		0.12	0.12	0.4878	0.4878	0.1544	0.1544	0.3211	0	0			
3	07/08/2015	2		2.11	0.25	0.53	0.57	0.53		8.62		0.28	0.4	0.4878	0.9756	0.1541	0.3084	0.5176	0	0			
4	08/08/2015	3		2.12	0.26	0.54	0.59	1.1		8.9		0.31	0.72	0.4878	1.4634	0.1538	0.4622	0.3637	0	0			
5	09/08/2015	4		1.99	0.26	0.52	0.57	1.7		8.57		0.33	1.05	0.4878	1.9512	0.1535	0.6156	0.3282	0.02	0.02			
6	10/08/2015	5		1.98	0.27	0.54	0.59	2.27		8.82		0.38	1.42	0.4878	2.439	0.1532	0.7688	0.3205	0.08	0.1			
7	11/08/2015	6	2	2.08	0.28	0.58	0.64	2.85	3.49	9.6	52.42	0.45	1.88	0.4878	2.9268	0.1529	0.9217	0.3203	0.19	0.28	0.28	0.58	
1	12/08/2015	7		2.13	0.29	0.62	0.68	3.49		10.24		0.53	2.41	0.4878	3.4146	0.1526	1.0743	0.3202	0.3	0.58			
2	13/08/2015	8		2.02	0.31	0.62	0.68	4.18		10.14		0.58	2.98	0.4878	3.9024	0.1523	1.2266	0.32	0.37	0.95			
3	14/08/2015	9		1.97	0.32	0.63	0.69	4.85		10.41		0.65	3.64	0.4878	4.3902	0.152	1.3786	0.3199	0.47	1.43			
4	15/08/2015	10		2.04	0.34	0.7	0.76	5.55		11.43		0.78	4.41	0.4878	4.878	0.1517	1.5303	0.3198	0.66	2.08			
5	16/08/2015	11		1.97	0.36	0.71	0.78	6.31		11.69		0.86	5.28	0.4878	5.3659	0.1514	1.6817	0.3196	0.78	2.86			
6	17/08/2015	12		1.87	0.39	0.72	0.79	7.09		11.83		0.94	6.22	0.4878	5.8537	0.1511	1.8328	0.3195	0.89	3.75			
7	18/08/2015	13	3	1.9	0.41	0.79	0.86	7.88	5.24	12.91	78.64	1.1	7.32	0.4878	6.3415	0.1509	1.9837	0.3193	1.12	4.87	4.58	6.24	
1	19/08/2015	14		1.91	0.44	0.85	0.93	8.74		13.92		1.26	8.59	0.4878	6.8293	0.1506	2.1342	0.3192	1.35	6.22			
2	20/08/2015	15		1.87	0.48	0.89	0.98	9.67		14.65		1.41	9.99	0.4878	7.3171	0.1503	2.2845	0.319	1.55	7.77			
3	21/08/2015	16		1.7	0.51	0.87	0.96	10.64		14.33		1.44	11.43	0.4878	7.8049	0.15	2.4345	0.3189	1.61	9.37			
4	22/08/2015	17		1.75	0.55	0.97	1.06	11.6		15.88		1.67	13.1	0.4878	8.2927	0.1497	2.5843	0.3188	1.93	11.3			
5	23/08/2015	18		1.69	0.59	1	1.09	12.66		16.42		1.79	14.89	0.4878	8.7805	0.1494	2.7337	0.3186	2.1	13.4			
6	24/08/2015	19		1.76	0.63	1.12	1.22	13.75		18.34		2	16.88	0.4878	9.2683	0.1492	2.8829	0.3185	2.4	15.79			

Resultados intermedios

VegSyst-DSS Application

Start Main results Intermediate results Program database About us

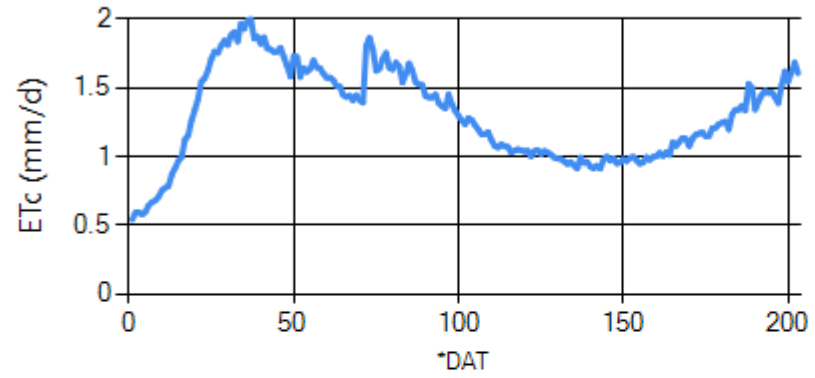
Irrigation parameters

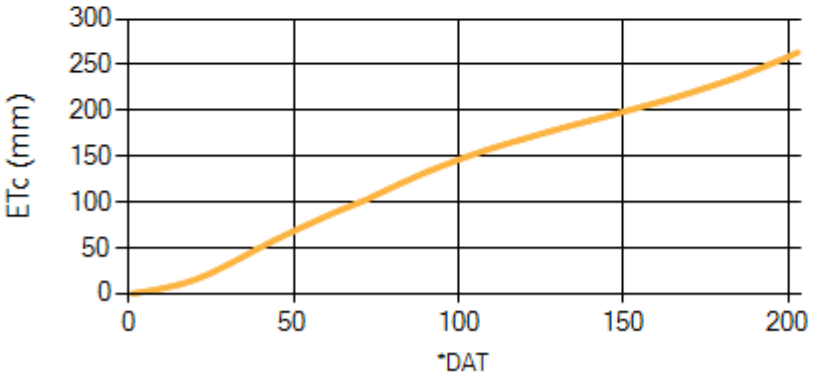
- ETo
- kc
- ETc
- Daily irrigation
- Leaching fraction

N sources | **N fertilizer** | **Crop** | **Climate**

Soil mineral N at planting | N Fertilizer | Crop details | Climate

Crop evapotranspiration (ETc)





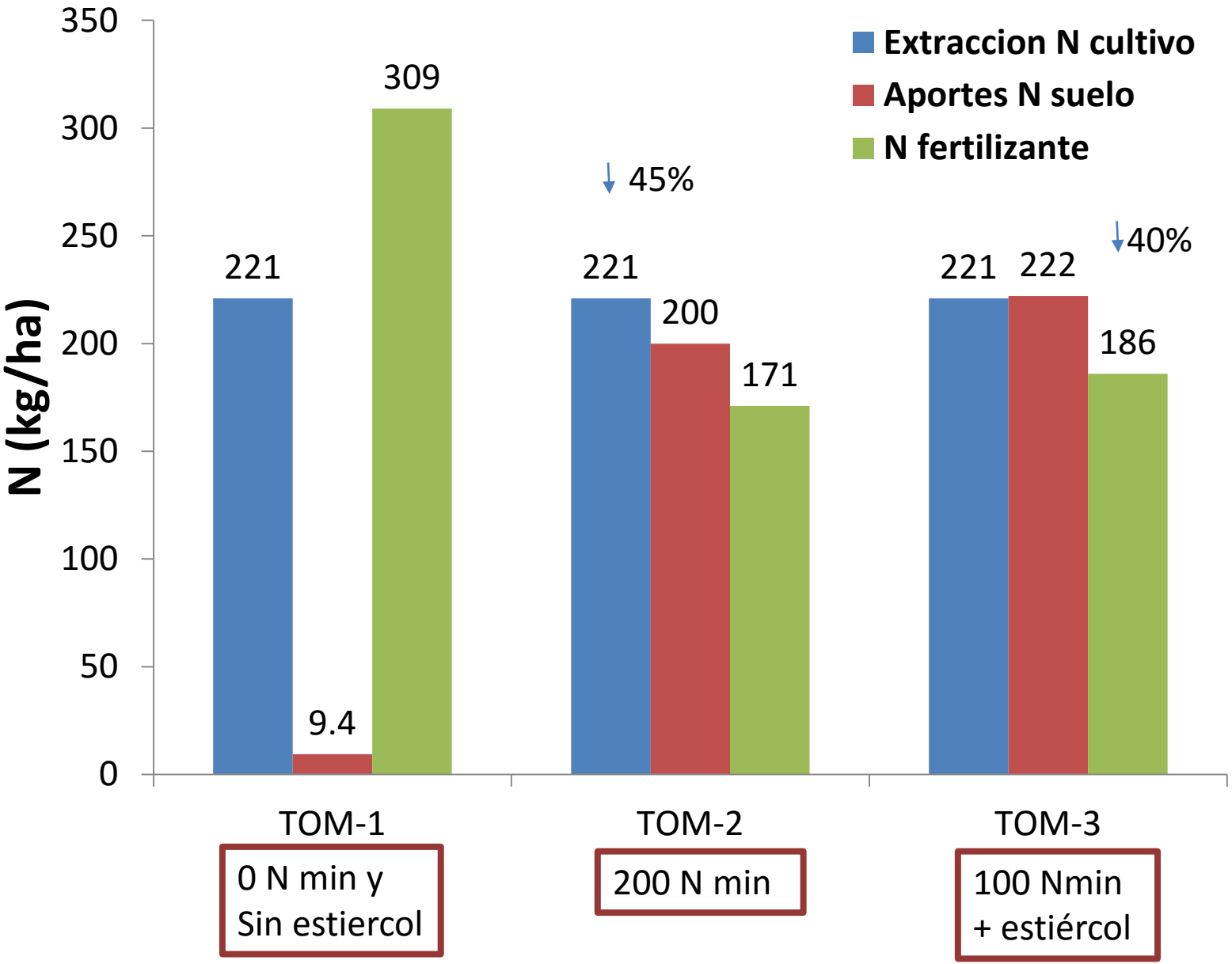
*Day after transplanting

Análisis de escenarios en tomate

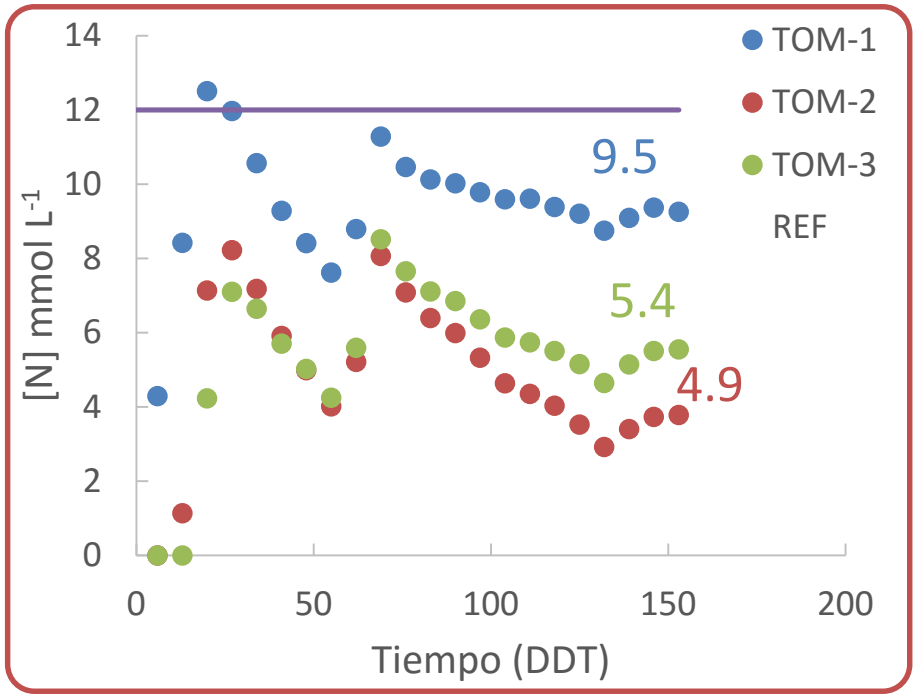
Ciclo: 15 agosto al 15 de enero
Blanqueo hasta el 15 de octubre
EC= 1.5 dS/m, UC=0.95
Goteros 1.5 x 0.5 y 3 L/h

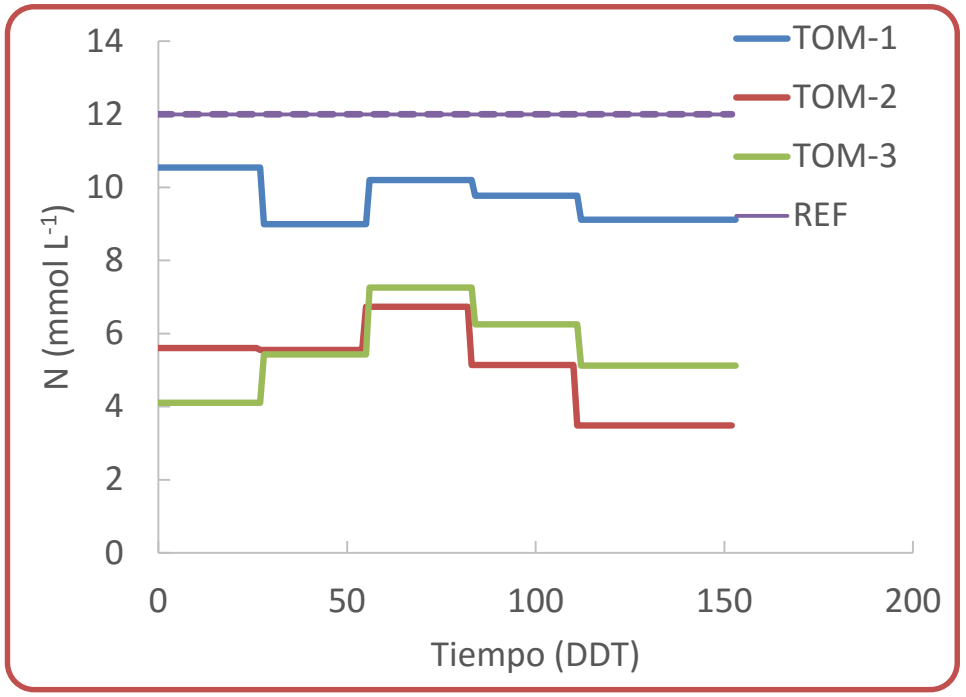
ESCENARIO	Ciclo	N min suelo (kg N ha^{-1})	Estiércol (m^3 ha^{-1})	Comentarios
Tomate-1	Otoño-invierno	0	0	Suelo referencia (N solo desde fertilizante)
Tomate 2	Otoño-invierno	200	0	
Tomate 3	Otoño-invierno	100	50	Estiércol (un año antes de siembra)
Tomate 4	Primavera	100	50	Estiércol (un año antes de siembra)

Comparación de escenarios (tomate otoño)



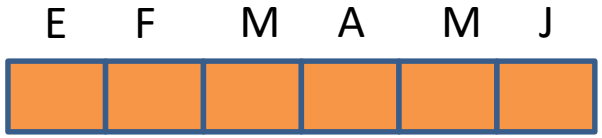
Cultivo de tomate de otoño-invierno



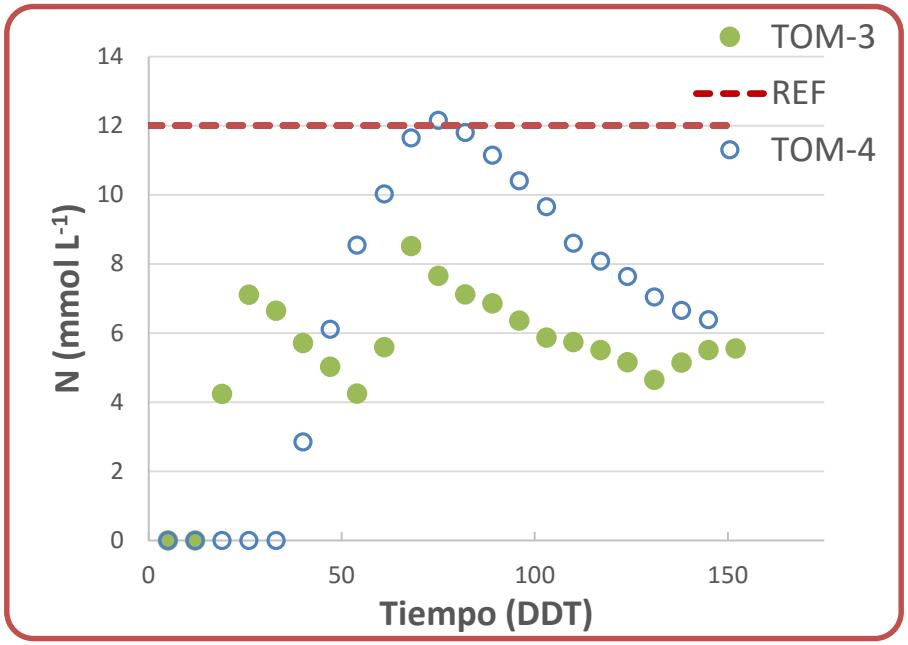


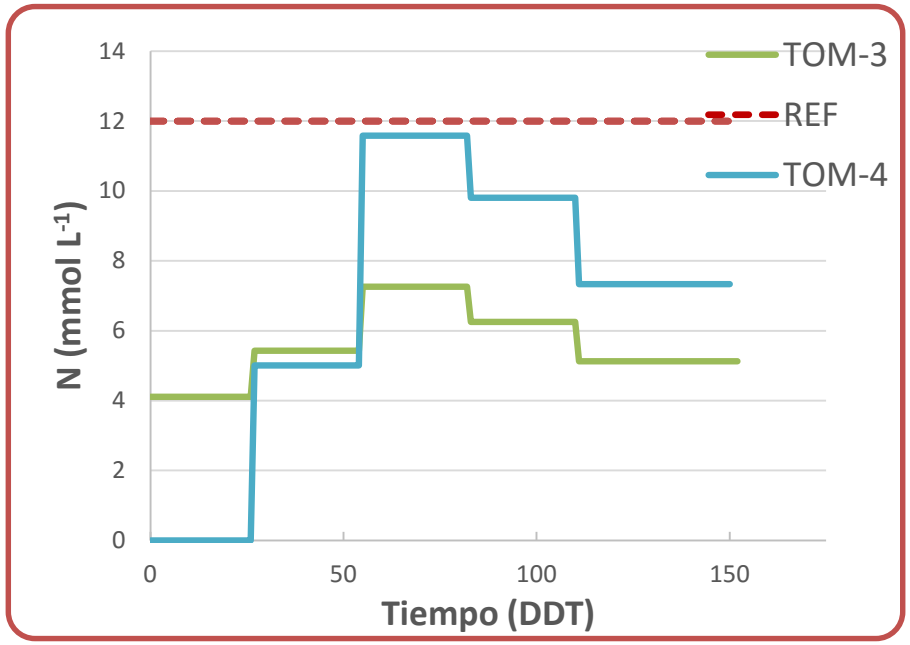
Comparación cultivo de tomate de otoño-invierno y de primavera

Cultivo otoño-invierno



Cultivo primavera





100 kg N ha^{-1} min inicial y 50 m^3 ha^{-1} de estiércol aplicado un año antes; el cultivo de primavera no se blanquea

VegSyt-DSS

El software se puede descargar en la pagina web del grupo:
http://www.ual.es/GruposInv/nitrogeno/VegSyst-DSS.shtml

Esperamos vuestros comentarios y sugerencias para incorporarlos en la segunda versión (mgallard@ual.es)

Referencias

- Gallardo, M., Giménez, C., Martínez-Gaitán, C., Stöckle, C.O., Thompson, R.B., and Granados, M.R. (2011). Evaluation of the VegSyst model with muskmelon to simulate crop growth, nitrogen uptake and evapotranspiration. Agric. Water Manag. *101*, 107–117
- Giménez, C., Gallardo, M., Martínez-Gaitán, C., Stöckle, C.O., Thompson, R.B., and Granados, M.R. (2013). VegSyst, a simulation model of daily crop growth, nitrogen uptake and evapotranspiration for pepper crops for use in an on-farm decision support system. Irrig. Sci. *31*, 465–477.
- Gallardo, M., Thompson, R.B., Giménez, C., Padilla, F.M., and Stöckle, C.O. (2014). Prototype decision support system based on the VegSyst simulation model to calculate crop N and water requirements for tomato under plastic cover. Irrig. Sci. *32*, 237–253.
- Gallardo, M., Fernández, M.D., Giménez, C., Padilla, F.M., and Thompson, R.B. (2016). Revised VegSyst model to calculate dry matter production , critical N uptake and ET c of several vegetable species grown in Mediterranean greenhouses. Agric. Syst. *146*, 30–43.

Artículos divulgativos

- Gallardo M., Thompson, R.B., Padilla, F.M. (2014). Sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en el modelo VegSyst para calcular la [N] en fertirriego en tomate de invernadero. Horticultura, 313: 20-38

- Gallardo M., Thompson, R.B. (2015). Software VegSyst-DSS para calcular la dosis de riego, necesidades de N y la concentración de N en fertirriego en cultivos hortícolas de invernadero. Horticultura, 321: 16-21

Pagina web del grupo de Nitrógeno y Riego de Cultivos de la UAL

- http://www.ual.es/GruposInv/nitrogeno