

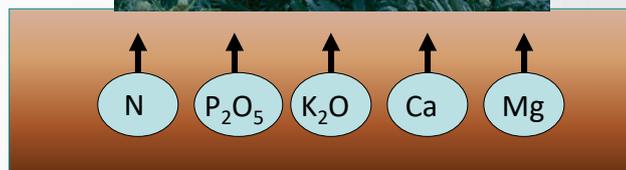
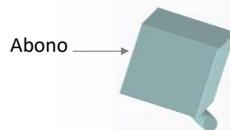
## Fertirrigación en alcachofa. Ahorro de agua mediante acolchados.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA DE ELCHE  
Elche, 28 de febrero 2018

1

### Fertilización

¿En que consiste la fertilización?



2

## OBJETIVOS DE LA FERTILIZACION



Altos Rendimientos



Buena Calidad

### EVITAR CONTAMINACIÓN:

- Suelo
- Agua
- Hoja

BAJO COSTE

3

## Fertilización

- Cálculo programa de fertilización se debe basar en:
  - La **extracción** de nutrientes por el cultivo.
  - **Análisis de suelo:**
    - \* Materia orgánica.
    - \* Nitrógeno inorgánico (nitrato y amoniacal).
    - \* Fósforo y potasio asimilables.
  - **Análisis de agua** de riego: contenido en nitratos, calcio y magnesio.
- Programa de abonado debe realizarse teniendo en cuenta las peculiaridades específicas de cada explotación en relación a las características edafo-climáticas, variedad, ciclo vegetativo, técnicas de cultivo, etc.
- De ahí la dificultad de establecer un programa general que sea adecuado a una zona determinada.

4

## Fertilización

Extracción de nutrientes por el cultivo:

CULTIVO	Rendimiento (t/ha)	Absorción del elemento	Por producción comercial (kg/t)	Por superficie (kg/ha)	En residuo de cosecha (kg/ha)
Alcachofa	17	N	11-15	190-260	80-150
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,5 – 5,3	60-90	40-80
		K <sub>2</sub> O	22-24	370-420	150-300

Los valores del residuo de cosecha son orientativos y pueden variar en función de la cantidad que quede en el campo.

El N de los residuos se volatiliza en su mayor parte si éstos se queman.

Fuente: Ramos y Pomares 2010

5

## Fertilización

Extracción de nutrientes por el cultivo:

Extracción por capítulos:

- \* 28 - 35 % N
- \* 30 - 33 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- \* 20 - 33 % K<sub>2</sub>O

Extracción por planta:

- \* 65 - 72 % N
- \* 67-70 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- \* 67-80 % K<sub>2</sub>O



Incorporación de los restos de cultivo.

6

## CARACTERÍSTICAS SUELO

Tipo de suelo	Niveles de fósforo asimilable (ppm) (método Olsen)				
	Muy bajo	Bajo	Adecuado	Alto	Muy alto
Arenoso <sup>1)</sup>	< 11	11-20	20-30	30-50	> 50
Franco <sup>2)</sup>	< 16	16-30	30-45	45-60	> 60
Arcilloso <sup>3)</sup>	< 20	20-35	35-50	50-70	> 70

Tipo de suelo	Niveles de potasio asimilable (ppm) (método acetato amónico)				
	Muy bajo	Bajo	Adecuado	Alto	Muy alto
Arenoso <sup>1)</sup>	< 50	50-100	100-200	200-300	> 300
Franco <sup>2)</sup>	< 75	75-150	150-300	300-450	> 450
Arcilloso <sup>3)</sup>	< 100	100-200	200-400	400-600	> 600

<sup>1)</sup> Arcilla <10%; <sup>2)</sup> Arcilla 10-30%; <sup>3)</sup> Arcilla > 30%

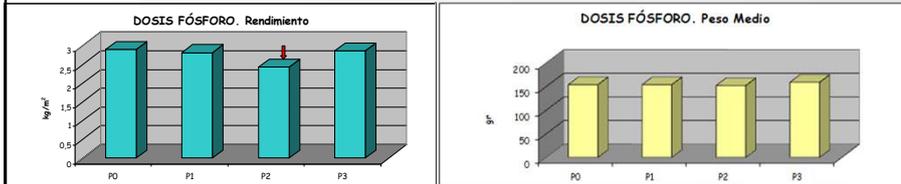
	Factor de corrección en función de los niveles de fósforo y potasio	Materia orgánica del suelo (%)	Nitrógeno anual disponible (kg/ha)		
			Arenoso	Franco	Arcilloso
Muy Bajo	1,5	0,5	10-15	7-12	5-10
Bajo	1,3-1,4	1,0	20-30	15-25	10-20
Adecuado	0,8-1,2	1,5	30-45	22-37	15-30
Alto	0,1-0,7	2,0	40-60	30-50	20-40
Muy Alto	0	2,5	-	37-62	25-50
		3,0	-	-	30-60

7

	GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR			
	P1	P3	P0	P2
<b>Ensayo de dosis de fósforo y potasio</b>	21	22	23	24
	P2	P0	P1	P3
	17	18	19	20
<b>Inicio ensayos: 1999 Total cultivos: 23</b>	P1	P3	P0	P2
	13	14	15	16
<b>Análisis fósforo: adecuado - alto Potasio: alto a muy alto</b>	K1	K3	K0	K2
	9	10	11	12
	K2	K0	K1	K3
	5	6	7	8
	K3	K1	K2	K0
	1	2	3	4

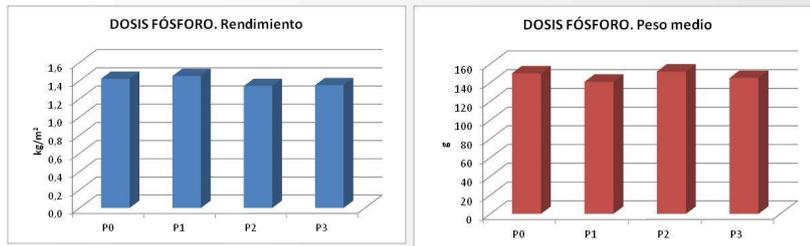
8

### ALCACHOFA ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN FOSFORADA. Año 2001/02



Variedades: Imperial Star y NUN 7144. Sin aplicación A.G

### ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN FOSFORADA. Año 2008/09



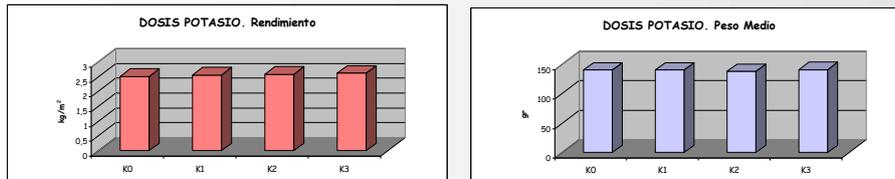
Variedad: Harmony. Con aplicación A.G

N: Aportado por agua de riego; K<sub>2</sub>O: 200 kg/ha

P0: 0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; P1: 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; P2: 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; P3: 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

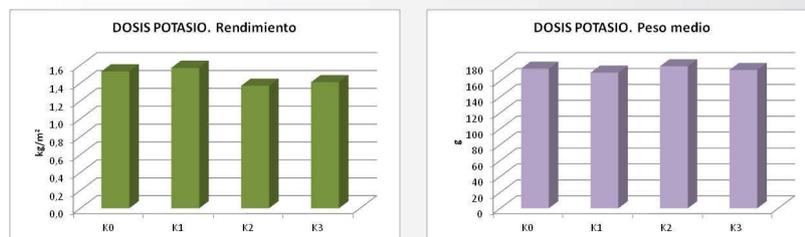
9

### ALCACHOFA ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA. Año 2001/02



Variedades: Imperial Star y NUN 7144. Sin aplicación A.G

### ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA. Año 2008/09



Variedad: Madrigal. Con aplicación A.G

N: Aportado por agua de riego; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 100 kg/ha

K0: 0 kg K<sub>2</sub>O/ha; K1: 100 kg K<sub>2</sub>O /ha; K2: 200 kg K<sub>2</sub>O /ha; K3: 300 kg K<sub>2</sub>O /ha

10

### Características agua de riego

$$N \text{ aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} \times \text{NO}_3^- \text{ (mg/l)}}{4.400}$$

**Motor Recati:**

$$N \text{ aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 68.7}{4.400} = 62.5 \text{ kg N ha}^{-1}$$

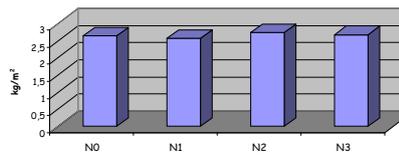
**Agua de riego 2:**

$$N \text{ aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 40.2}{4.400} = 36.5 \text{ kg N ha}^{-1}$$

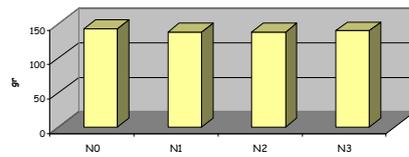
11

### ALCACHOFA

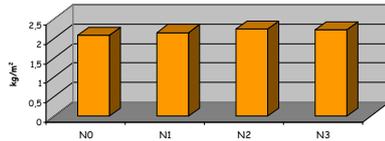
DOSIS N Riego Localizado AG. Rendimiento



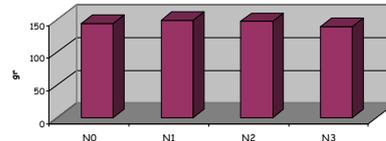
DOSIS N Riego Localizado AG. Peso Medio



DOSIS N Riego Localizado No AG. Rendimiento



DOSIS N Riego Localizado No AG. Peso Medio



**Variedades:** Imperial Star; NUN 7144. Riego localizado

N0: 0 kg N/ha; N1: 100 kg N/ha; N2: 200 kg N/ha; N3: 300 kg N/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 100 kg/ha; K<sub>2</sub>O: 300 kg/ha

12

### Características agua de riego

$$\text{CaO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} \times \text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)}}{714}$$

**Motor Recati:**

$$\text{CaO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 211.23}{714} = 1.183 \text{ kg CaO ha}^{-1}$$

**Agua de riego 2:**

$$\text{CaO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 174}{714} = 975 \text{ kg CaO ha}^{-1}$$

13

### Características agua de riego

$$\text{MgO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} \times \text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)}}{602}$$

**Motor Recati:**

$$\text{MgO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 113.96}{602} = 757 \text{ kg MgO ha}^{-1}$$

**Agua de riego 2:**

$$\text{MgO aportado (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{4.000 \times 89.1}{602} = 592 \text{ kg MgO ha}^{-1}$$

14

## Enmiendas orgánicas

Tipo fertilizante	Riqueza %N sobre materia seca	%N mineralizado 1 <sup>er</sup> año	%N mineralizado 2 <sup>o</sup> año
Estiércol ovino	1-2	45-55	25-35
Estiércol oveja	2-2.5	40-50	20-30
Estiércol porcino	1.5-2	60-70	15-25
Purines porcino	0.4*		
Gallinaza	2-5	65-75	10-20
Lodos depuradora	2-7	30-40	20-30
Compost R.S.U	1-1.8	15-20	15-20

\* Este porcentaje se refiere a materia húmeda.

Fuente: Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias

15

## Enmiendas orgánicas

Producto orgánico	Humedad (%)	N total (%)	N total (kg/t)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t)	K <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (kg/t)
Estiércol de ovino	33 (*)	2,4	16,4	2,5	16,7	3,4	22,8
Compost de RSU	43	1,7	9,8	1,1	6,3	0,8	4,6
Compost de lodos	38	2,5	15,4	2,3	14,3	0,3	1,9
Compost de alperujos	28	2,3	16,8	1,7	12,2	2,7	19,4
Compost de purines	21	2,6	20,4	6,0	47,4	4,0	31,6
Vermicompost	42	2,5	14,4	2,7	15,7	0,8	4,6
Harinas cárnicas	2	9,9	97,0	8,2	80,4	0,6	5,6

\* Valores medios de dos años

Fuente: Fernando Pomares-IVIA

- El **fósforo**, a **corto plazo** (primer año tras la aplicación), la **eficiencia** es **menor** que la resultante con los fertilizantes **fosforados minerales**, pero a **largo plazo** el aprovechamiento es **similar**.
- El **potasio** se encuentra prácticamente todo en forma **inorgánica**, por lo que su disponibilidad es **similar** a los fertilizantes **potásicos minerales**.

16

## Enmiendas orgánicas

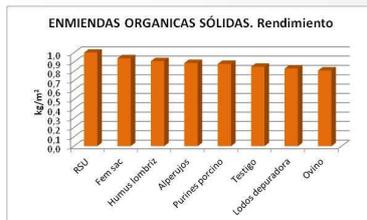
Los **fertilizantes orgánicos**, además de aportar **nutrientes**, tienen otras muchas **ventajas** como la de **mejorar** las **propiedades** físico-químicas de los **suelos**, la **aireación**, capacidad de **retención** e **infiltración** de agua, **C.I.C.**, estimula la **actividad biológica** del suelo,...



17

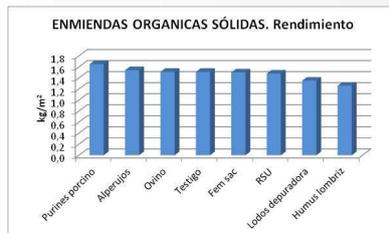
## ALCACHOFA

### ENSAYOS DE ENMIENDAS ORGÁNICAS SÓLIDAS. Año 2005/06



Variedad: Madrigal. Con aplicación A.G

### ENSAYOS DE ENMIENDAS ORGÁNICAS SÓLIDAS. Año 2010/11



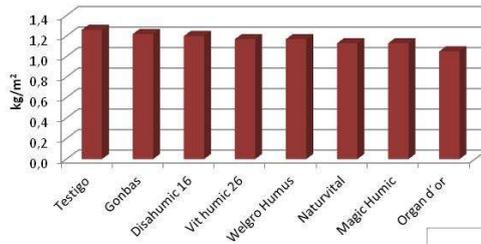
Variedad: Symphony. Con aplicación A.G

18

## ALCACHOFA

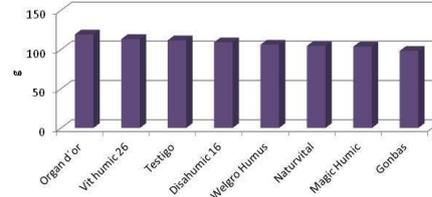
### Ensayo dosis de enmiendas orgánicas líquidas. Aplicación foliar

ENMIENDAS ORGÁNICAS LÍQUIDAS. Rendimiento



**Variedad: Harmony. Con aplicación A.G**  
**Año: 2005/06**  
 3 aplicaciones foliares  
 Dosis: 0,2%

ENMIENDAS ORGÁNICAS LÍQUIDAS. Peso medio Abril



19

### Producto comercial de Ácidos Húmicos

Sustancias húmicas: 25%

Dosis de aplicación: 100 l/ha

#### Aportación de sustancias húmicas:

$$100 \times 25/100 = 25 \text{ kg/ha}$$

#### Estiércol de oveja compostado

Sustancias húmicas: 6%

Materia seca: 50 %

Dosis de aplicación: 20.000 kg/ha

#### Aportación de sustancias húmicas:

$$20.000 \times 50/100 \times 6/100 = 600 \text{ kg/ha}$$

20

## Fertilización

Necesidades de la alcachofa en riego por surcos:

CULTIVO	Rendimiento (t/ha)	Necesidades N (kg/ha)	Necesidades P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Necesidades K <sub>2</sub> O (kg/ha)
Alcachofa	15-20	250-290	60-90	300-380

En riego localizado, los valores indicados para el N deben reducirse un 15% si se considera la misma producción.

Tener en cuenta las limitaciones para zonas vulnerables contaminación nitratos.

Fuente: Ramos y Pomares 2010

21

## Fertilización riego por surcos (inundación)

### ➤ Abonado fondo:

- 20 - 25 % N
- 50 - 75 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- 25 - 50 % K<sub>2</sub>O

### ➤ Abonado cobertera:

- Aportar resto N en formas nítrico-amoniacaes en unas 5-6 veces.
- Aportar el resto del fósforo al inicio de la brotación del 2º colmo.
- Aplicar el resto del potasio fraccionado durante los 2 periodos productivos (1º y 2º colmo).

22

### Fertilización riego por surcos (inundación)

Ejemplo abonado:

➤ Fondo: 500 kg/ha complejo 15-15-15.

➤ Cobertera:

- **Estado 3-4 hojas:** 250 kg/ha sulfato amónico.
- **Iniciación 1<sup>os</sup> capítulos:** 150 kg/ha nitrato amónico.
- **Comienzo recolección:** 200 kg/ha nitrato potásico.
- **Brotación 2<sup>o</sup> colmo:** 150 kg/ha fosfato biamónico.
- **Febrero-Marzo:** 200 kg/ha nitrato potásico.
- **Abril:** 150 kg/ha nitrato amónico.

23

### Fertilización riego localizado

Abonado fondo:

➤ En riego localizado se puede aplicar todo el abonado en fertirrigación.

➤ En algunos casos es conveniente aplicar una fracción de fondo:

- La UF de los abonos de fondo suele ser más barata que los solubles.
- Cuando suelo presenta niveles bajos de fósforo o Potasio.
- Cuando tras el trasplante se prevean lluvias frecuentes.

\* 0 - 25 % N

\* 50 - 75 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

\* 25 - 50 % K<sub>2</sub>O

24

## Fertilización riego localizado

Abonado cobertera. Fertirrigación. Plantación Agosto.

MES	UNIDADES FERTILIZANTES (kg/ha)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Septiembre	10	10	15
Octubre	20	20	30
Noviembre	30	15	45
Diciembre	30	10	45
Enero	16	5	24
Febrero	24	10	36
Marzo	30	10	45
Abril	30	10	45
Mayo	10	5	15
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Fuente: Pomares 2001

25

## Justificación

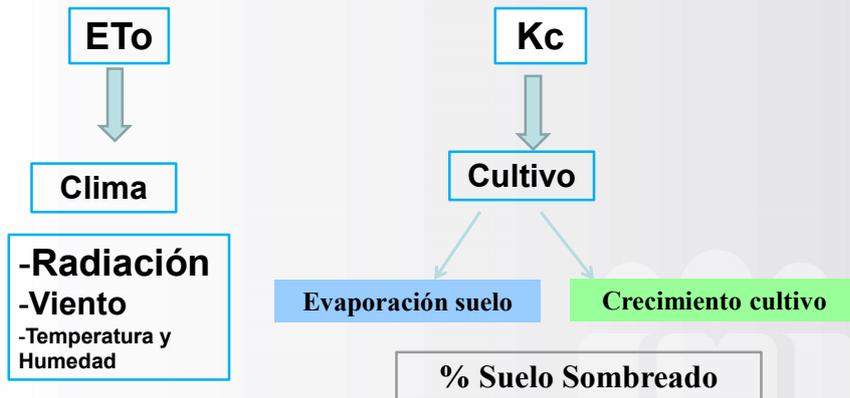
- El **agua** es uno de los **factores** de la **producción** más **limitantes** en los agrosistemas, siendo el **riego** de los cultivos el **principal** sector **consumidor** de agua.
- Resulta necesario utilizar el agua de **riego** de la forma más **eficiente** posible.
- Es importante conocer las **necesidades de riego** de este cultivo en las **condiciones reales** de los agrosistemas.



26

### Cálculo del volumen de RIEGO

$$ET_c = E_{To} \times K_c$$



27

### Evaporímetro de cubeta clase A



28

**GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR**

IVIA - Windows Internet Explorer  
 http://riegos.ivia.es/calculo-de-necesidades-de-riego

de investigaciones agrarias

Inicio Investigación y transferencia Red SIAR Meteorología **Necesidades de riego** Servicios Noticias y avisos

**CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO**

Provincia: -- Provincia -- Estación Propia Seleccionar

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/> Pedraba	Valencia	Pedraba	20/10/1999	20/11/1999	17/06/2013	Sin incidencias

Cultivo: **Pimiento**

**PARCELA**

Plantas por metro lineal:  Plantas/metro lineal  
 Anchura línea de plantas:  m  
 Plantas por m<sup>2</sup>:  plantas/m<sup>2</sup>  
 Plantas por hectárea:  plantas/ha  
 Fecha de plantación/transplante:   
 Cultivo bajo invernadero: No

**INSTALACIÓN DE RIEGO**

Sistema de riego: -- Riego --  
 Caudal unitario (Qu):  litros/hora  
 Eficiencia de la instalación (EA):  %  
 Coeficiente de parcela (CP):  %

**AGUA DE RIEGO**

Salinidad (CE):  mS/cm - dS/m

**PARÁMETROS AUXILIARES**

Libros/hora:  mm/hora  
 Factor de modulación de dosis de:

**ELEMENTOS MÁS VISITADOS**

- Datos meteorológicos
- Necesidades de riego
- Meteorología
- Red SIAR
- Servicios

**FINANCIADO POR**

UNIÓN EUROPEA

**SUDOE**  
 Interreg IV B  
 PROGRAMA DE COOPERACIÓN TERRITORIAL

29

**GRUPO COOPERATIVO CAJAMAR**

**Año 2001/02**

**Variedad: Imperial Star. A.G. 30 ppm**

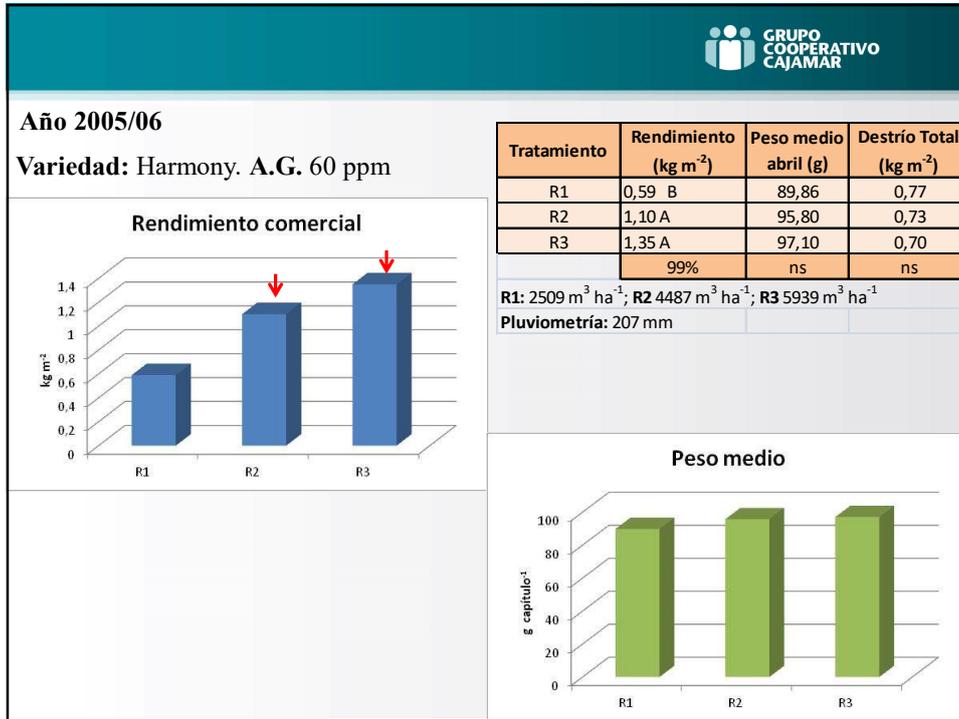
**Rendimiento comercial**

Tratamiento	Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> )	Peso medio (g)	Destrío Total (kg m <sup>-2</sup> )
R1	2,53 b	130	0,80
R2	3,07 a	127	0,49
R3	3,18 a	132	0,49
	95%	ns	ns

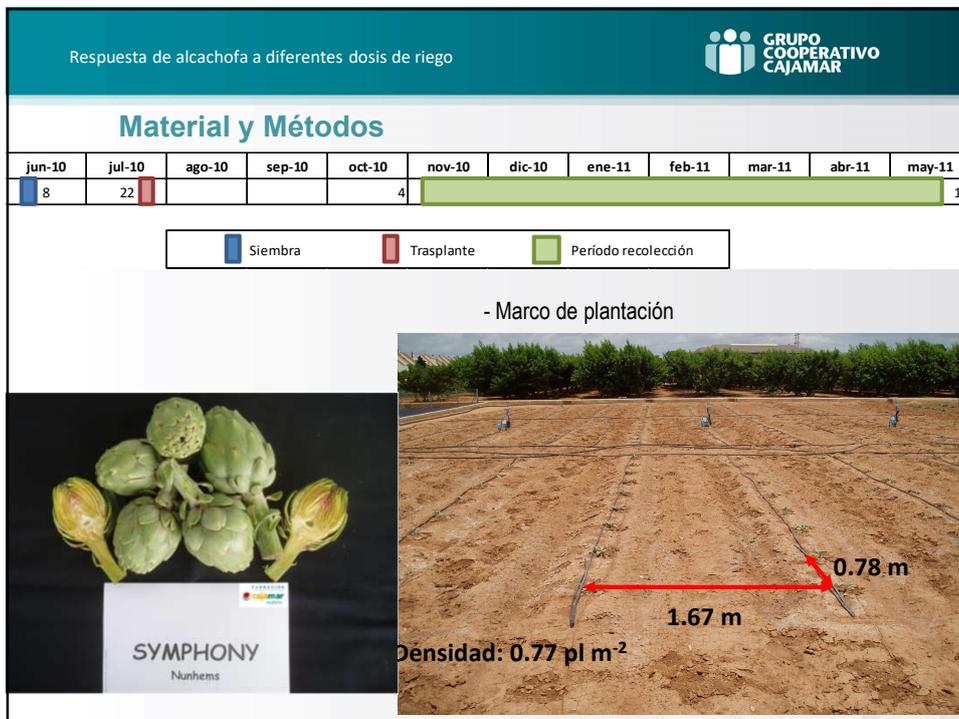
**R1: 4104 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, R2 5475 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, R3 7265 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>**

**Peso medio**

30



31



32

## Material y Métodos

- 3 aplicaciones Ácido giberélico 60 ppm + Abono foliar (abofol) 1 g L<sup>-1</sup>
- Gasto caldo 375 L ha<sup>-1</sup>



### Fechas:

- 6/9/10
- 21/9/10
- 6/10/10

33

## Material y Métodos

- **Cálculo dosis riego:** Método Doorenbos y Pruitt (1997), obteniendo ET<sub>c</sub> a partir de la evapotranspiración de referencia ET<sub>o</sub>, según el método Penman-Monteith y los valores de Kc de 0.35, 1,2 y 1,05 (período inicial, intermedio y final)

- **Volúmenes de agua fueron:**

$$R_1: 2.943 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} (68 \% \text{ ET}_c)$$

$$R_2: 4.305 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} (100 \% \text{ ET}_c)$$

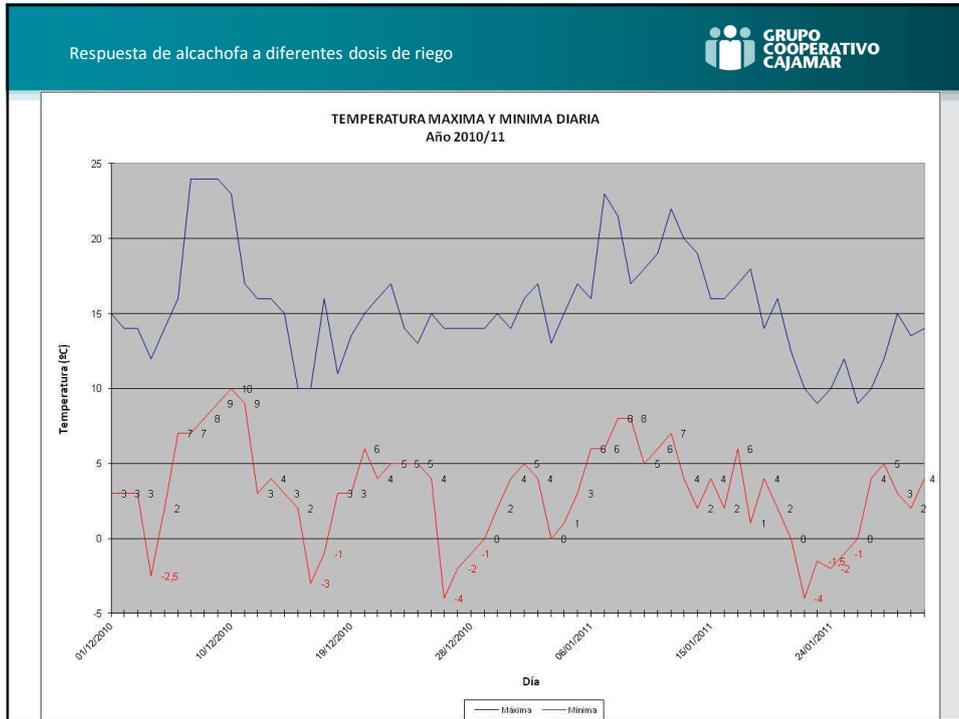
$$R_3: 6.031 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} (140 \% \text{ ET}_c)$$

**Lluvia contabilizada:** 374 mm

**Abonado:**

Fue el mismo en las tres dosis de riego: 166 kg N ha<sup>-1</sup>; 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 110 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>

34



35

### Material y Métodos

**Diseño estadístico:**

- Bloques al azar
- 3 repeticiones
- 9 plantas por parcela elemental

R3 71	R1 72	R2 73
R1 74	R2 75	R3 76
R2 77	R3 78	R1 79

36



37



38



39

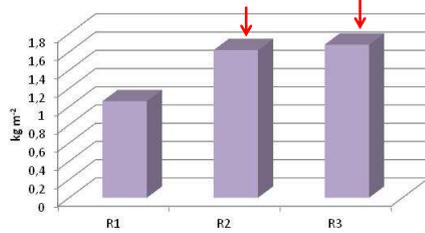


40

Año 2010/11

Variedad: Symphony. A.G. 60 ppm

Rendimiento comercial

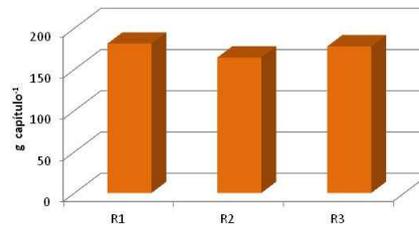


Tratamiento	Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> )	Peso medio abril (g)	Destrío Total (kg m <sup>-2</sup> )
R1	1,06 B	181,35	0,51
R2	1,62 A	164,46	0,51
R3	1,68 A	178,03	0,41
	99%	ns	ns

R1: 2943 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; R2 4304 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; R3 6031 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

Pluviometría: 374 mm

Peso medio

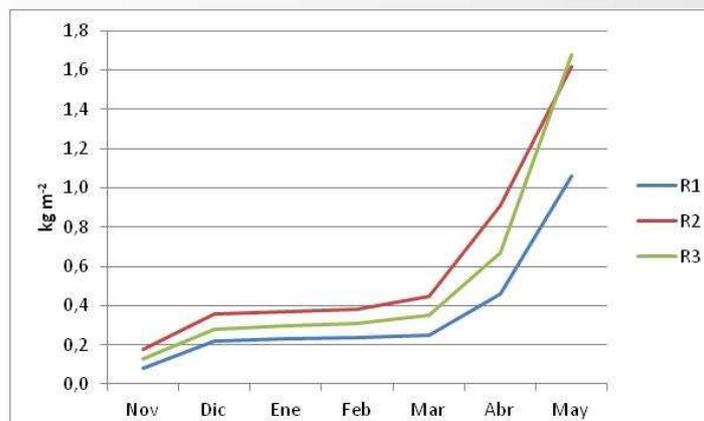


41

Respuesta de alcachofa a diferentes dosis de riego

Resultados

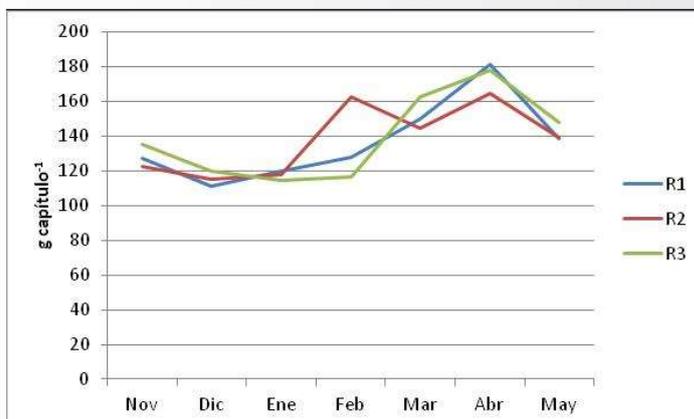
Tratamiento	Rendimiento mensual comercial (kg m <sup>-2</sup> )						
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
R1	0.08	0.22	0.23	0.24 b	0.25 b	0.46 B	1.06 B
R2	0.18	0.36	0.37	0.38 a	0.45 a	0.91 A	1.62 A
R3	0.13	0.28	0.30	0.31 ab	0.35 ab	0.67 AB	1.68 A
	n.s.	n.s.	n.s.	p<0.10	p<0.05	p<0.01	p<0.01



42

### Resultados

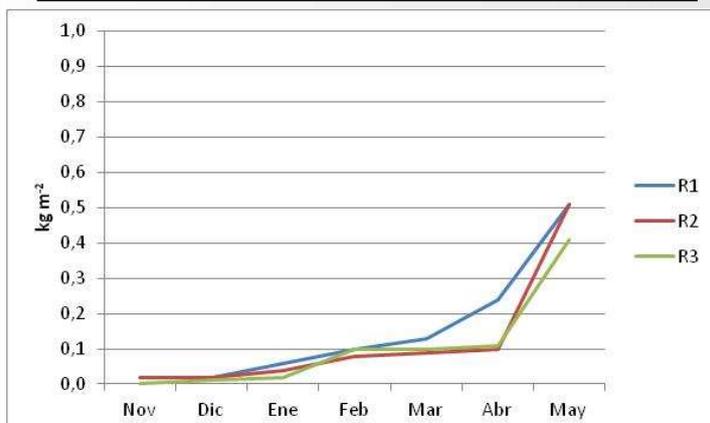
Peso medio (g capítulo <sup>-1</sup> )							
Tratamiento	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
R1	127.3	111.3	120.0	127.5	150.0	181.3	138.6
R2	122.2	115.4	117.5	162.5	144.7	164.5	138.9
R3	134.9	119.6	114.2	116.7	162.2	178.0	148.0
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.



43

### Resultados.

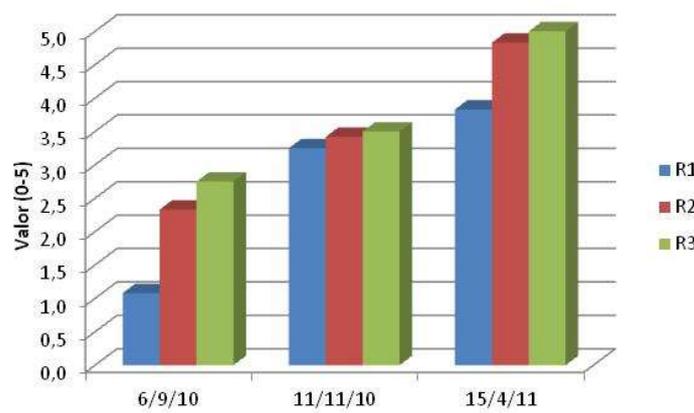
Rendimiento destrio total (kg m <sup>-2</sup> )							
Tratamiento	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
R1	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.24	0.51
R2	0.02	0.02	0.04	0.08	0.09	0.10	0.51
R3	0.00	0.01	0.02	0.10	0.10	0.11	0.41
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.



44

**Resultados.**

Tratamiento	Vigor 6/9/10	Vigor 11/11/10	Vigor 15/4/11
R1	1.08 B	3.25 b	3.83 B
R2	2.33 A	3.42 ab	4.83 A
R3	2.75 A	3.50 a	5.00 A
	p<0.01	p<0.05	p<0.01



45



46

## Conclusiones

- Los resultados de rendimiento comercial acumulado indican que la dosis de riego afectó de forma significativa a los valores registrados en los meses de febrero, marzo, abril y mayo, si bien entre la dosis media (R2) y alta (R3), las diferencias no resultaron estadísticamente significativas
- Los restantes parámetros del cultivo, peso medio de los capítulos y componentes del destribo, resultaron poco afectados por la dosis de riego.
- La dosis de riego afectó de forma altamente significativa al vigor de las plantas, pero entre las dosis de riego media y alta, las diferencias no resultaron significativas

47



48



49



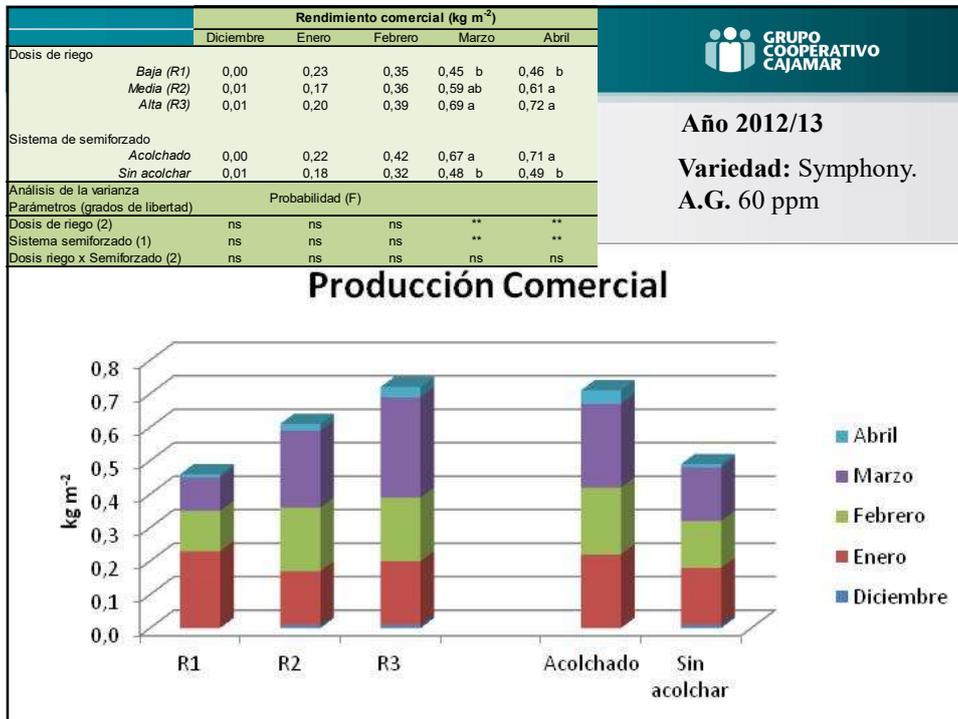
50



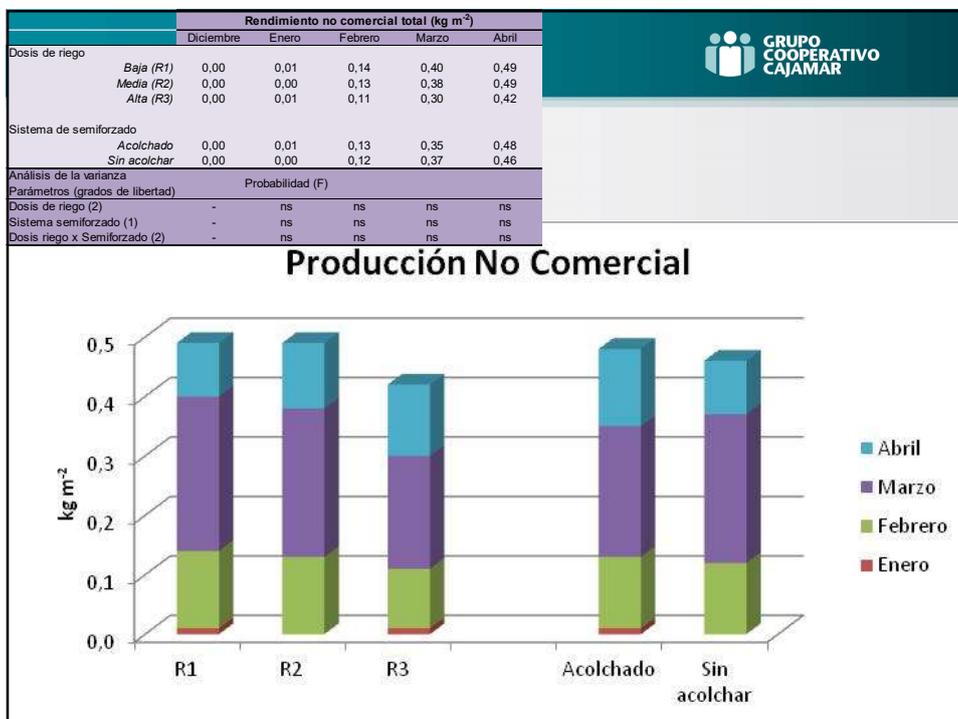
51



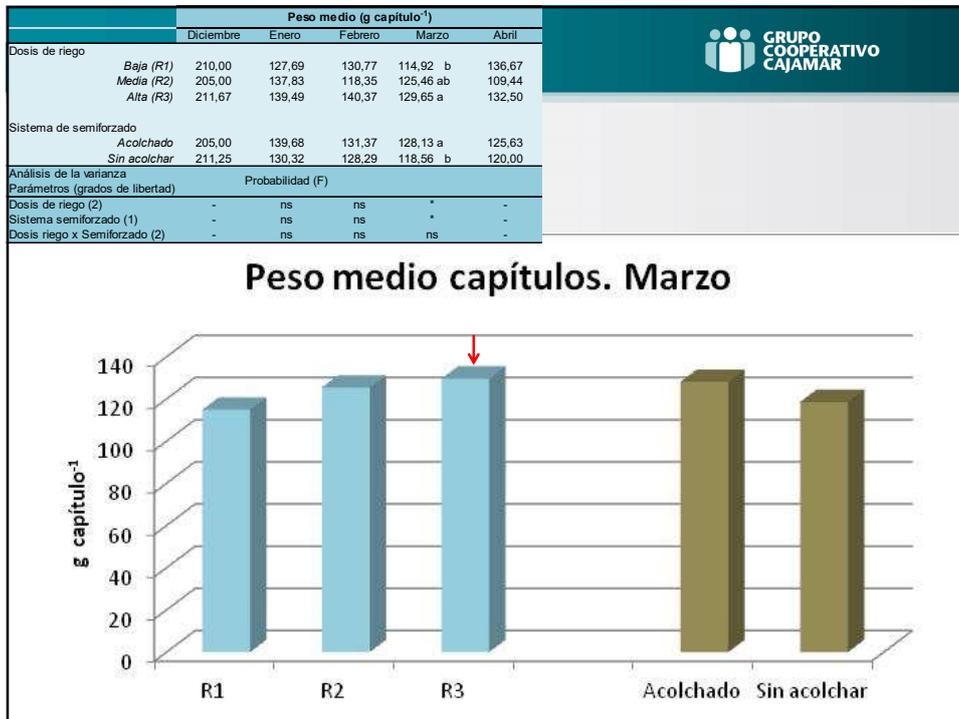
52



53



54



55

		Dosis riego (m <sup>3</sup> /ha)			Pluviometría (mm)
		R1	R2	R3	
Acolchado		1.059	1.625	2.136	366
Sin Acolchar		1.605	2.535	3.058	
Diferencia (m <sup>3</sup> /ha)		546	910	922	

**Ciclo cultivo: 2/8/12 al 3/4/13**

56

