

# SE BUSCA

## Interempresas.net

### GRANDES CULTIVOS



**PATROCINADO POR:**

- ✓ Máxima autonomía
- ✓ Fácil manejo
- ✓ Mayor rendimiento
- ✓ Menos consumo



*La frecuencia del riego por aspersión afecta de forma diferente al maíz según el momento del riego*

## Efecto de la frecuencia del riego por aspersión con cobertura total sobre el rendimiento del maíz



José Cavero<sup>1</sup>, Eva T. Medina<sup>2</sup>, Francisco Montoya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dr. Ingeniero Agrónomo, Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Zaragoza

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Zaragoza

<sup>3</sup> Dr. Ingeniero Agrónomo, Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Zaragoza

13/02/2019



**El riego por aspersión con cobertura total permite cambiar la frecuencia del riego. Se estudió durante tres años el efecto de la frecuencia del riego (baja: 2 riegos por semana; alta: diaria) según el momento de riego (diurno o nocturno) sobre el rendimiento del maíz. El incremento de la frecuencia del riego diurno disminuyó el potencial mátrico del suelo. El riego nocturno aumentó el rendimiento del maíz en un 10%. La alta frecuencia de riego disminuyó el rendimiento del maíz en un 5% cuando el riego fue diurno pero no afectó al rendimiento del maíz cuando fue nocturno. El contenido en Na<sup>+</sup> de la hoja se duplicó con el riego diurno y aumentó (15-30%) al aumentar la frecuencia del riego. El riego debe realizarse durante la noche para obtener el máximo rendimiento y eficiencia en el uso del agua. Si el riego se realiza durante el periodo diurno, debe reducirse la frecuencia para evitar la disminución del rendimiento y de la eficiencia en el uso del agua.**

El riego por aspersión con sistemas de cobertura total permite modificar fácilmente la frecuencia del riego. En el valle del Ebro la frecuencia del riego con estos sistemas varía entre 1 y 5 días (Salvador y col., 2011). En algunos suelos con problemas de infiltración es necesario aumentar la frecuencia del riego para que la dosis aplicada sea menor y no haya escorrentía. Sin embargo, en otros casos la frecuencia del riego es una elección del agricultor. Si bien la alta frecuencia del riego se indica como algo positivo (Rawlings y Raats, 1975), en el caso del riego por aspersión hay que tener en cuenta que una mayor frecuencia de riego puede implicar mayores pérdidas de agua por interceptación. Estas pérdidas se refieren al agua que queda mojando la planta al finalizar el riego por aspersión y que se pierde rápidamente. Al aumentar el número de riegos estas pérdidas pueden aumentar. En el caso del maíz, los trabajos realizados indican que las pérdidas por interceptación pueden ser desde 0,1 mm a 2,7 mm en cada riego (Steiner y col., 1983; Martínez-Cob y col., 2008). Por otra parte, al aumentar los riegos también se puede modificar la entrada de iones a las hojas de las plantas (Maas y col., 1982; Isla y Aragüés, 2010), que, además, depende de la mojabilidad de las hojas (Fernández y Eichert, 2009).



Se han realizado algunos estudios sobre el efecto de la frecuencia del riego por aspersión en el rendimiento del maíz (Fischbach y Somerhalder, 1974; Lyle y Bordovsky, 1995) pero en zonas en las que las necesidades de riego son mucho menores que las requeridas en el valle del Ebro (> 600 mm). El objetivo de este estudio ha sido determinar si la frecuencia del riego por aspersión con cobertura total afecta al rendimiento del maíz. Dado que en trabajos anteriores se ha observado que el momento del riego (diurno o nocturno) afecta al rendimiento del maíz (Urrego-Pereira y col., 2013a), se estudió el efecto de la frecuencia del riego según el momento del riego. 

## Descripción de los ensayos

El experimento de campo se realizó durante tres años (2015-2017) en una parcela de 2,34 hectáreas localizada en la Estación Experimental Aula Dei (CSIC) en Zaragoza. El suelo es profundo (> 1,2 m), franco arcilloso, pH de 8,2 y con una capacidad máxima de retención de agua disponible para el cultivo de alrededor de 150 mm. El clima es mediterráneo semiárido con una temperatura media de 14,1 °C, precipitación anual de 298 mm y ETo anual de 1243 mm. La parcela dispone de cobertura enterrada fija cuadrada (18 m x 18 m), con aspersores de doble boquilla (4,4 mm + 2,4 mm) situados a 2,5 m sobre el suelo. La parcela dispone de 12 sectores independientes de riego, cada uno constituido por 4 aspersores (18 m x 18 m) (Foto 1). El maíz (cv. Pioneer P1758) se sembró en Abril a una densidad de 89.500 plantas ha<sup>-1</sup>. La fertilización consistió en una aplicación en fondo de 64 kg ha<sup>-1</sup> de N, 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. En cobertera se aplicó N con el agua de riego dos veces (V6 y V12), 100 kg ha<sup>-1</sup> N cada vez.



*Foto 1. Vista general del ensayo con los doce sectores preparados para la recolección con la cosechadora.*

Se determinó el contenido en agua del suelo antes de la siembra y tras la cosecha cada año. Para determinar las necesidades de riego se utilizaron los datos meteorológicos recogidos en una estación de la red SIAR cercana. Se calculó la evapotranspiración del cultivo a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo) y el coeficiente de cultivo obtenido en función de la integral térmica (temperatura base de 8 °C) según Martínez-Cob (2008). Se calculó semanalmente las necesidades de riego teóricas (CIR) descontando el 75% de la lluvia caída. El agua disponible en el suelo al inicio del ensayo hasta una profundidad de 0,9 m se descontó para calcular el CIR. Se ensayaron dos factores, momento del riego y frecuencia del riego. Los momentos de riego fueron diurno (comienzo riego a las 12) o nocturno (comienzo riego a las 0). La frecuencia del riego fue baja (dos riegos por semana) o alta (riego todos los días). El diseño fue factorial por lo que hubo cuatro tratamientos: diurno-baja frecuencia, diurno-alta frecuencia, nocturno-baja frecuencia y nocturno-alta frecuencia, que se repitieron tres veces cada uno en un sector de riego. El riego aplicado a todos los tratamientos fue el mismo y se calculó semanalmente tal y como se ha explicado anteriormente (CIR). La duración del riego mínima se estableció en una hora, por lo que si las necesidades semanales de riego eran inferiores a 7 horas el riego de alta frecuencia no se aplicó todos los

días de la semana. Se determinaron las pérdidas de agua por evaporación y arrastre (PEA) y la uniformidad del riego con una malla de pluviómetros en un sector de los tratamientos diurno y nocturno de baja frecuencia (Foto 2).



*Foto 2. Vista de uno de los sectores en los que se midió las pérdidas de agua por evaporación y arrastre y la uniformidad del riego.*

Se determinó la conductividad eléctrica del agua de riego y su contenido en  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  tres veces cada año. Se midió el potencial mátrico del suelo a 0,2 y 0,6 m de profundidad en un sector de riego de cada uno de los diferentes tratamientos. Se tomaron hojas de maíz y se midió su contenido en  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Para determinar el rendimiento del maíz se cosechó cada sector de riego con una cosechadora comercial y el grano se pesó en un remolque pesador. La evapotranspiración real del maíz se determinó mediante el balance de agua con los datos de contenido en agua del suelo. La eficiencia en el uso del agua se determinó a partir del rendimiento en grano y la evapotranspiración real del maíz.

## **Resultados**

### **Evaluación del riego**

Las necesidades de riego fueron similares en los tres años (606 mm en 2015; 609 mm en 2016; 585 mm en 2017). La conductividad eléctrica del agua de riego varió entre  $0,31 \text{ dS m}^{-1}$  y  $0,85 \text{ dS m}^{-1}$ , su contenido en  $\text{Na}^+$  entre  $1,12$  y  $1,31 \text{ meq L}^{-1}$ , y su contenido en  $\text{Cl}^-$  entre  $0,82$  y  $1,26 \text{ meq L}^{-1}$ . La velocidad media del viento durante los riegos de baja frecuencia fue mayor en los riegos diurnos que en los nocturnos (Tabla 1). Las PEA fueron mayores en los riegos diurnos que en los nocturnos (Tabla 1). La uniformidad media del riego fue mayor en el riego nocturno salvo en 2017 (Tabla 1).



Riego		Velocidad viento (ms <sup>-1</sup> )		PEA (%)		CU (%)	
Año	Número	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
2015	23	2,62	1,44	15,0	2,8	84	87
2016	26	2,64	1,61	12,5	1,1	80	88
2017	24	2,18	1,75	9,4	2,2	83	83

*Tabla 1. Valores medios de velocidad del viento, pérdidas de agua por evaporación y arrastre (PEA) y coeficiente de uniformidad de riego (CU) en los riegos diurnos y nocturnos del tratamiento de baja frecuencia de riego en los tres años de ensayos.*

### **Potencial mátrico del suelo**

En general, a partir de mediados de junio el potencial mátrico del suelo del tratamiento diurno-alta frecuencia fue menor que en los otros tratamientos (es decir, el contenido en agua del suelo era menor en este tratamiento) y estuvo por debajo del umbral que puede causar estrés hídrico al maíz en este suelo (Figura 1). Asimismo, en general, los tratamientos de riego diurno dieron lugar a valores menores de potencial mátrico del suelo (Figura 1).

El incremento de la frecuencia del riego diurno dio lugar a valores menores del potencial mátrico (Figura 1). Sin embargo, esto no se observó en el riego nocturno (Figura 1).



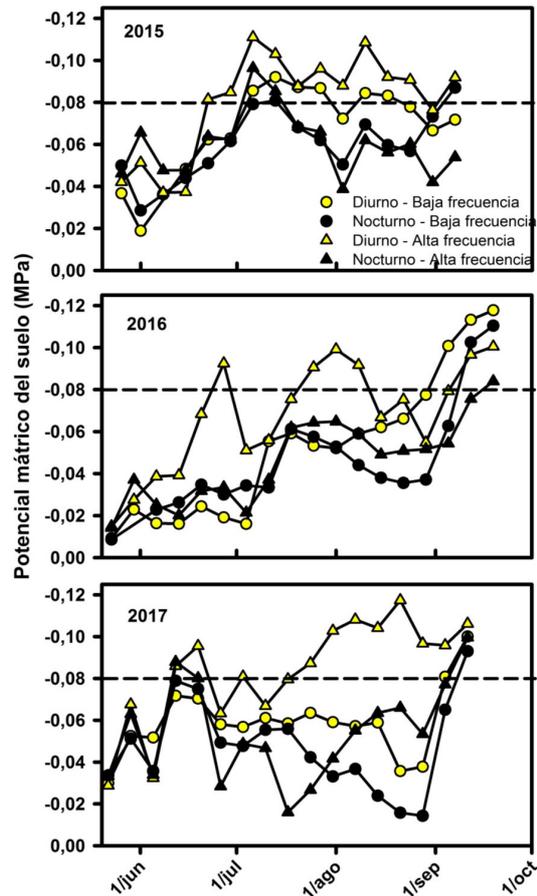


Figura 1: Valores medios semanales del potencial mátrico del suelo en los diferentes tratamientos de momento y frecuencia de riego. La línea discontinua indica el potencial mátrico del suelo que puede causar estrés hídrico al maíz en este suelo.

### Rendimiento y eficiencia en el uso del agua del maíz

El contenido en  $\text{Cl}^-$  de las hojas del maíz no fue afectado por el momento del riego y tampoco por la frecuencia del riego. Sin embargo, el contenido en  $\text{Na}^+$  de las hojas de maíz aumentó todos los años entre dos y tres veces con el riego diurno en comparación al riego nocturno (Tabla 2). Además, en dos años el contenido en  $\text{Na}^+$  de las hojas de maíz aumentó entre un 15% y un 33% con la alta frecuencia de riego en comparación a la baja frecuencia de riego (Tabla 2). Estos mismos resultados se observaron en las muestras de planta entera recogidas en cosecha (Cavero y col., 2018).



		Na <sup>+</sup> (meq kg <sup>-1</sup> )					
		V12-V14			R2		
Factor	Nivel	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Momento riego	Diurno	12,2 a	17,8 a	11,3 a	33,9 a	25,2 a	23,4 a
	Nocturno	6,1 b	7,8 b	4,8 b	15,2 b	11,7 b	9,1 b
Frecuencia riego	Baja	7,8 b	10,9 b	8,3 a	20,9 b	17,4 b	14,3 a
	Alta	10,4 a	14,8 a	8,3 a	27,8 a	19,6 a	18,3 a

Tabla 2. Contenido en Na<sup>+</sup> de las hojas de maíz en distintos estados fenológicos (estado de 12-14 hojas (V12-V14) y en grano 'blíster' (R2)) según el tratamiento de momento de riego (diurno o nocturno) y de frecuencia de riego (baja o alta) en los distintos años de ensayo. La interacción entre los dos factores no fue significativa.

El rendimiento del maíz se vio afectado por el año y por la interacción del momento de riego con la frecuencia del riego (Tabla 3). El riego nocturno produjo un mayor rendimiento de maíz que el riego diurno. La frecuencia del riego no afectó al rendimiento del maíz cuando el riego fue nocturno (Tabla 3). Sin embargo, la alta frecuencia disminuyó el rendimiento del maíz cuando el riego fue diurno (Tabla 3). Considerando el rendimiento medio obtenido con el riego nocturno (16,4 Tm ha<sup>-1</sup>), el riego diurno a baja frecuencia disminuyó el rendimiento del maíz en un 8,5% y el riego diurno a alta frecuencia redujo el rendimiento del maíz en un 12,8 %. El riego diurno disminuyó el número de granos por unidad de superficie en comparación al riego nocturno (Tabla 3). El aumento de la frecuencia del riego aumentó ligeramente el número de granos por unidad de superficie cuando el riego fue nocturno, pero lo contrario ocurrió cuando el riego fue diurno (Tabla 3). El peso unitario del grano se vio afectado por el año y el momento del riego (Tabla 3). El riego diurno disminuyó ligeramente (-2,5%) el peso unitario del grano.

La eficiencia en el uso del agua se vio afectada por la interacción del momento del riego con la frecuencia del riego (Tabla 3). La eficiencia en el uso del agua fue mayor con el riego nocturno en comparación al diurno. La frecuencia del riego afectó a la eficiencia en el uso del agua solamente cuando el riego fue diurno, de forma que la alta frecuencia del riego disminuyó la eficiencia en el uso del agua en un 5% comparada con la baja frecuencia del riego.



Efecto	Nivel	Rendimiento (Tm ha <sup>-1</sup> )	Granos m <sup>2</sup>	Peso grano (g)	WUE (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
Año		S	S	S	S
	2015	14,1 c	3268 b	0,371 b	18,8 c
	2016	15,8 b	3346 b	0,378 a	21,1 b
	2017	16,7 a	3995 a	0,358 c	22,7 a
Momento riego		S	S	S	S
	Diurno	14,7 b	3392 b	0,364 b	19,4 b
	Nocturno	16,4 a	3680 a	0,373 a	22,3 a
Frecuencia riego		NS	NS	NS	NS
	Baja	15,5 a	3526 a	0,371 a	20,9 a
	Alta	15,5 a	3547 a	0,367 a	20,8 a
Momento x Frecuencia		S	S	NS	S
	Diurno-Baja	15,0 b	3440 b		19,8 b
	Diurno-Alta	14,3 c	3345 b		18,9 c
	Nocturno-Baja	16,1 a	3616 a		22,1 a
	Nocturno-Alta	16,6 a	3749 a		22,6 a

Tabla 3. Efecto del año, momento de riego y frecuencia del riego sobre el rendimiento (14% humedad), sobre los componentes del rendimiento y sobre la eficiencia en el uso del agua (WUE) del maíz. Los resultados de las interacciones se muestran cuando son significativas.

## Discusión

Isla y Aragüés (2010) ya observaron que la acumulación de Na<sup>+</sup> en las hojas de maíz es mayor cuando el riego por aspersión es diurno y que el aumento de la concentración de Na<sup>+</sup> en las hojas está relacionado con la disminución del rendimiento del maíz. Nuestros resultados han mostrado que el aumento del contenido en Na<sup>+</sup> de las hojas del maíz con el riego por aspersión diurno es muy importante. Esto es relevante ya que el contenido de Na<sup>+</sup> en el agua de riego era bajo (1,1-1,3 meq L<sup>-1</sup>) y probablemente es debido a la alta mojabilidad de las hojas del maíz (Urrego-Pereira y col., 2013b), que puede favorecer la entrada de Na<sup>+</sup> a las hojas. Considerando el trabajo de Isla y Aragüés (2010) y los valores observados en nuestro estudio, el aumento en el contenido en Na<sup>+</sup> de las hojas del maíz cuando el riego se realiza durante el periodo diurno podría explicar una disminución del 2,1% del rendimiento del maíz.

La disminución del rendimiento del maíz con el riego diurno está también relacionada con el menor potencial mátrico del suelo observado. Asimismo, el menor rendimiento se observó en el tratamiento en el que el potencial mátrico del suelo fue menor (diurno-alta frecuencia). Esto estuvo relacionado con las mayores PEA en el riego diurno y con el mayor número de riegos en el tratamiento de alta frecuencia, que da lugar a un aumento de las pérdidas por interceptación. Esto es particularmente relevante cuando el riego se realiza durante el día ya que las pérdidas por interceptación son mayores (Martínez-Cob y col., 2008). Faci y Fereres (1980) también observaron una disminución del rendimiento del sorgo cuando la frecuencia del riego por aspersión aumentó.

El hecho de que la frecuencia del riego por aspersión no afecte al rendimiento del maíz cuando el riego se realiza durante la noche y que, sin embargo, sí afecte cuando el riego se realiza durante el periodo diurno es probablemente debido a varias razones. En primer lugar, las PEA son mayores en el riego diurno por lo que cualquier pérdida adicional, como las pérdidas por interceptación que ocurren tras finalizar el evento de riego, serían más negativas para la planta. En segundo lugar, las pérdidas por interceptación son mayores durante el día que durante la noche (Martínez-Cob y col., 2008). En tercer lugar, el riego por aspersión durante el día duplica el contenido en Na<sup>+</sup> de la planta en comparación al riego nocturno y el aumento en el contenido de Na<sup>+</sup> debido al aumento de la frecuencia del riego podría tener un efecto más que aditivo. Por último, como se ha observado en otro trabajo (Urrego-Pereira y col., 2013b), la fotosíntesis

del maíz se reduce durante los eventos de riego en periodo diurno y durante las dos horas siguientes al riego, así que la disminución será mayor con el riego de alta frecuencia ya que al aumentar el número de riegos, aumenta el tiempo posterior a los eventos de riego.

## Conclusiones

Se confirma que cuando el maíz se riega por aspersión con un sistema de cobertura total durante el día el rendimiento es alrededor de un 10% menor que si se riega durante la noche. Las razones de este descenso son: las mayores PEA, la menor uniformidad del riego, la disminución de la fotosíntesis durante el riego diurno y el gran aumento del contenido en  $\text{Na}^+$  de la planta de maíz con el riego diurno.

El riego de alta frecuencia (diario) disminuyó el rendimiento del maíz en comparación al riego de baja frecuencia (dos riegos por semana) cuando el riego fue diurno pero no cuando fue nocturno.

El riego por aspersión con sistemas de cobertura total debe realizarse durante la noche para obtener el máximo rendimiento y eficiencia en el uso del agua del maíz. Si el riego se realiza durante el periodo diurno, hay que evitar la alta frecuencia del riego para evitar la disminución del rendimiento y de la eficiencia en el uso del agua del maíz.

### Referencias bibliográficas

- Cavero, J.; Medina, E.T.; Montoya, F. (2018). *Sprinkler irrigation frequency affects maize yield depending on irrigation time*. *Agron. J.*, 110:1862-1873.
- Faci, J.M.; Fereres, E. (1980). *Responses of grain sorghum to variable water supply under two irrigation frequencies*. *Irrig. Sci.*, 1:149-159.
- Fernández, V.; Eichert, T. (2009). *Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization*. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 28:36-68.
- Fischbach, P.E.; Somerhalder, B.R. (1974). *Irrigation design requirements for corn*. *Trans. ASAE.*, 17:162-171.
- Isla, R.; Aragüés, R. (2010). *Yield and plant ion concentrations in maize (Zea mays L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations*. *Field Crops Res.*, 116:175-183.
- Lyle, W.M.; Bordovsky, J.P. (1995). *LEPA corn irrigation with limited water supplies*. *Trans. ASAE*, 38:455-462.
- Maas, E.V.; Clark, R.A.; Francois, L.E. (1982). *Sprinkling induced foliar injury to pepper plants: effects of irrigation frequency, duration and water composition*. *Irrig. Sci.*, 3:101-109.
- Martínez-Cob, A. (2008). *Use of thermal units to estimate corn crop coefficients under semiarid climatic conditions*. *Irrig. Sci.*, 26:335-345.
- Martínez-Cob, A.; Playan, E.; Zapata, N.; Cavero, J.; Medina, E.T.; Puig, M. (2008). *Contribution of evapotranspiration reduction during sprinkler irrigation to application efficiency*. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 134:745-756.
- Rawlins, S.L.; Raats, P.A.C. (1975). *Prospects for high-frequency irrigation*. *Science*, 108:604-610.
- Salvador, R.; Latorre, B.; Paniagua, P.; Playán E. (2011). *Farmers' scheduling patterns in on-demand pressurized irrigation*. *Agric. Water Manage.*, 102:86-96.
- Steiner, J.L.; Kanemasu, E.T.; Clark, R.N. (1983). *Spray losses and partitioning of water under a center pivot sprinkler system*. *Trans. ASAE*, 26: 1128-1134.
- Urrego-Pereira, Y.; Martínez-Cob, A.; Cavero, J. (2013a). *Relevance of sprinkler irrigation time and water losses on maize yield*. *Agron. J.*, 105:845-853.
- Urrego-Pereira, Y.; Martínez-Cob, A.; Fernández, V.; Cavero, J. (2013b). *Daytime sprinkler irrigation effects on net photosynthesis of maize and alfalfa*. *Agron. J.*, 105:1515-1528.

## COMENTARIOS AL ARTÍCULO/NOTICIA

Nuevo comentario

Identificarse | Registrarse

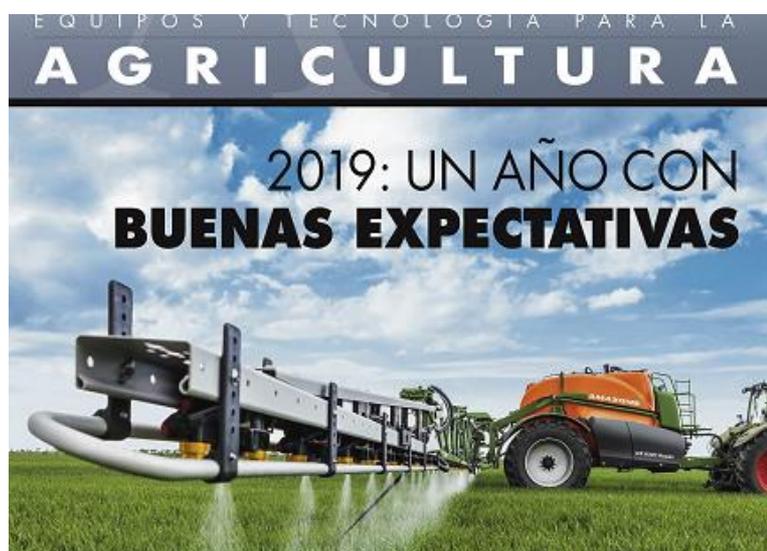
Nombre

Texto





## REVISTAS < >



## TOP PRODUCTS



**GASCÓN  
INTERNATIONAL**  
**Cultivador  
multifuncion**



**ATOMIZADORES  
ARRASTRADOS**  
**Teyme**

---

## ENLACES DESTACADOS



---

## ÚLTIMAS NOTICIAS

**Acolchado orgánico del suelo y fertilización mineral en la variedad Bobal bajo secano y riego**

---

**Frédéric Salles, CEO de Matooma**

---

**El MAPA habilita un espacio sobre el Brexit en su web**

---

**Nueva junta directiva de la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA)**

---

**El Congreso Ibérico del Maíz reafirmó la importancia de este cultivo en el sur de Europa**

## EMPRESAS DESTACADAS



---

## OPINIÓN



**Frédéric Salles, CEO de Matooma**

*"Agricultura Smart: inteligente, colaborativa y sostenible"*

---



**Entrevista a Alberto López, director de Marketing y Comercial de Feria de Zaragoza** 

*"Este año contaremos con la mayor edición de Enomaq ya que han aumentado todos sus parámetros"*

---



## Entrevista a Ignacio Ruiz Abad, secretario general de Ansemat

*"Queremos poner a España en el centro de los cultivos especiales y de la tecnología que arrastran"*

---



## Entrevista con José Ignacio Vega, director general de Claas Ibérica

"En 2018 hemos superado nuestras previsiones internas"

---



## La biomasa, clave para frenar el vertiginoso proceso de despoblación en el medio rural

---

### OTRAS SECCIONES

[Agenda](#)

### SERVICIOS

[Jornadas Profesionales](#)

[Marketing digital sector industrial](#)

[Comunicación B2B](#)

[Interempresas Media, S.L.U. - Grupo Nova Àgora](#)

[Nuestros productos](#)

[Aviso Legal](#)

[Protección de Datos](#)

[Política de Cookies](#)

[Auditoría OJD](#)

[Identificarse](#)

[Registrarse](#)

[Poner anuncio gratis](#)

[Añadir empresa gratis](#)

[NewsLetters](#)

[Suscribirse a revista](#)



