

LA MEJOR IMPLANTACIÓN POSIBLE, CLAVE DE UNOS RENDIMIENTOS MÁS ALTOS EN MAÍZ

Daniel Mulas¹, José Antonio Asensio¹, Manuel Calvo²

¹SIPCAM IBERIA ²ITAGRAct.



1) FISIOLÓGÍA DEL MAÍZ PARA ENTENDER LA FERTILIZACIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea (familia Poaceae) de ciclo anual que fue domesticado en Centroamérica hace aproximadamente 10.000 años. Desde allí se extendió su cultivo de forma masiva tanto a Norteamérica como a Sudamérica y llegó a Europa, donde extendió inicialmente su cultivo en las zonas húmedas del NO de España.

Es una planta terofita, que desarrolla todo su ciclo durante la estación favorable para su crecimiento. El porte medio de las plantas adultas oscila actualmente de 1,5 a 3 m, con tallos gruesos y macizos, hojas anchas (2-10 cm) y un nervio central blanquecino muy claramente visible. Es también una planta monoica, con un penacho en el extremo apical que aglutina las flores masculinas, mientras que las flores femeninas (la mazorca) salen de las axilas de las hojas centrales, con estilos que surgen de la inflorescencia a modo de cabellera.

El cultivo en la actualidad se basa en variedades híbridas, que se han obtenido después de un gran esfuerzo en investigación para la selección varietal y el desarrollo de híbridos. Se puede considerar la era de los híbridos del maíz desde el año 1939 hasta el presente, como el mayor éxito obtenido en términos de mejora genética y rendimientos comerciales de cualquier cereal/cultivo extensivo. El rendimiento promedio de maíz en EE.UU. desde el inicio de esta era ha ido incrementándose a un ritmo promedio de 100 kg/ha/año, multiplicándose por 6 en un período de unos 60 años. En la actualidad, rendimientos que sobrepasan los 20000 kg/ha en España son cada vez más habituales, y sin duda la genética juega un



papel fundamental en esta cifra.

Inicialmente, en el siglo XIX, la selección realizada por agricultores y empresas de semillas se basó en la selección masiva de las mayores mazorcas, y después también se prestó atención a la selección por número de filas de semillas. Sin embargo, estas características tienen por sí solas una heredabilidad limitada, lo que no garantiza por lo tanto que se repita en generaciones sucesivas. Posteriormente se comenzó la selección de las mejores variedades por cruzamientos de variedades no autofértiles y la heterosis o vigor híbrido que mostró el maíz fue tan fuerte, que comenzó así la era de los híbridos.

El cultivo tiene un ritmo de crecimiento rápido, condicionado por las temperaturas ambientales y del suelo. Esto es debido, en buena medida, a que el maíz es una planta con fotosíntesis del tipo C_4 , es decir es una planta que fija el CO_2 en su proceso de fotosíntesis formando una molécula estable de 4 carbonos. Las plantas C_4 tienen los tejidos de la hoja diferenciados entre el mesófilo y el haz vascular, donde el mesófilo es una masa muy poco densa de células con cloroplastos, mientras que el haz vascular que rodea al xilema y floema concentra muchas células con cloroplastos, y la fotosíntesis ocurre en dos pasos diferenciados físicamente. Las moléculas de 4 carbonos (malato o aspartato) se forman en las células del mesófilo de la hoja

y se trasfieren al haz vascular, donde se produce una reacción que elimina un carbono en forma de CO_2 y continúa la fotosíntesis de forma normal. Al concentrarse el CO_2 en las células del haz vascular, la planta no necesita tener abiertos los estomas tanto y por lo tanto puede ahorrar agua, o dicho de otra manera, necesita evaporar menos agua para mantener la tasa fotosintética. Esta forma de fijar carbono es más costosa energéticamente, por ello estas plantas se han especializado en este tipo de fotosíntesis en zonas de alta insolación (requieren más energía luminosa para hacer la fotosíntesis), pero por otro lado las



Tabla 1. Cronología de las tareas relativas al ensayo.

Especie		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Maíz Grano	2017				Siembra	Aplicación experimental							Cosecha
Inicio del estudio (búsqueda de parcelas sembradas y nacidas adecuadamente)										Mayo 2017			
Aplicación de productos experimentales y fitosanitarios										Fin mayo – junio (V3-V6)			
Evaluaciones, seguimientos, muestreos										A las 2 semanas de la aplicación fito. experimental			
Finalización fase de campo (recolección, muestreos finales)										Octubre a diciembre 2017			
Controles en laboratorio ITAGRA (suelos, pesos específicos, proteína, ...)										Noviembre-diciembre 2017			

altas temperaturas influyen menos en la respiración (proceso que consume energía en la planta), por lo que las plantas C_4 pueden mantener su ritmo de crecimiento mejor en climas cálidos y secos (Taiz y Zeiger, 2006). De todas las especies de plantas, aproximadamente un 3% son plantas C_4 , tanto mono como dicotiledóneas. Entre las gramíneas, se encuentra el sorgo, el maíz y la caña de azúcar. También las ciperáceas son plantas C_4 . Sorprendentemente, suponiendo tan sólo un 3% de las plantas, se ha demostrado que captan el 25% del total de CO_2 fijado por toda la vegetación del planeta.

Una de las ventajas adaptativas que incide en el mayor desarrollo inicial del maíz es que durante el período crítico del establecimiento de la plántula a partir de la semilla, existe un rápido desarrollo del área foliar con respecto a la masa de la planta, debido a la configuración de las células de la hoja. Las hojas de plantas C_4 tienen tejidos menos densos, por lo que la inversión energética en crear las primeras hojas es menor y puede dedicar un mayor esfuerzo al desarrollo radicular. Existe, por lo tanto, una gran área foliar creada con una escasa inversión de energía, y a su vez un mejor sistema radicular. Se ha demostrado que hay un crecimiento mayor y mayor dedicación energética a la absorción de agua y nutrientes desde las etapas iniciales de las plantas C_4 respecto a las C_3 , lo que

conlleva una gran ventaja en términos de fijación de CO_2 y productividad de los cultivos desde fases muy iniciales (Atkinson et al., 2016).

Como cereal, el desarrollo de la raíz del maíz es fasciculada, sin existir una raíz pivotante que lidere la penetración a capas más profundas del suelo. Se puede decir que el sistema radicular es somero y basado en raíces fasciculadas, con la característica de la formación de raíces secundarias aéreas a partir del primer y segundo nudo.

Las etapas del desarrollo del maíz se clasifican en etapas vegetativas (V) y reproductivas (R), identificándose con la letra más un número creciente a medida que aparecen nuevas hojas o los órganos reproductivos van madurando (granos de la mazorca) (escala Ritchie y Hanway, 1982).

La forma principal en la que el maíz transporta el nitrógeno asimilado por la raíz hacia las hojas para hacer la fotosíntesis es en forma de nitrato (65% del N asimilado en forma nítrica), proporción más elevada que otras plantas, el resto se transporta en forma de aminoácidos y amidas. Sin embargo, la forma de asimilación del fósforo es muy simple, siempre en la forma de ion fosfato (HPO_4^{2-}), por lo que ahí las variaciones en compuestos del suelo no son relevantes. En todo caso, y como pasa con el nitrógeno, la forma de ion fosfato es una forma de fósforo soluble muy extendida, y muchas reacciones químicas conducen ▶▶▶

a esta forma. En lo relacionado al potasio, fundamentalmente la entrada se produce en forma de ion K^+ , al ser fácilmente disociado en cualquier compuesto, por lo que cabe esperar que el maíz, en lo relativo a respuesta a la fertilización, esta sea una respuesta simple y proporcional a la disponibilidad de estos macronutrientes.

2) REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL MAÍZ

El maíz es una gramínea (cereal) que tiene una gran capacidad de desarrollo y crecimiento en todas las fases de su ciclo de vida, pero responde de forma muy positiva cuando las condiciones son propicias, e igualmente muestra una ralentización del crecimiento si no se encuentra en condiciones óptimas.

En cuanto a los requerimientos de temperatura, aunque puede haber diferentes adaptaciones según variedades, el óptimo de crecimiento del maíz se sitúa en el rango entre los 20°C y los 30°C. Aunque las temperaturas elevadas causan una disminución de su desarrollo, se considera que tiene una tolerancia a altas temperaturas superior a otras plantas cultivadas, incluso a las que se cultivan en los meses de verano. El maíz, junto alguna cucurbitácea y cítricos, tiene una tolerancia a altas temperaturas en la hoja alta, en torno a 50°C, mientras que en el caso de la patata la temperatura a partir de la que se observan daños es de 42,5°C (Taiz y Zeiger, 2006). A altas temperaturas, la respiración se acelera, pero la tasa fotosintética no se acelera al mismo ritmo, por lo que es negativo para las plantas. En este caso, también en plantas C_3 es más perjudicial el efecto de las altas temperaturas, ya que se aceleran tanto la fotorrespiración como la respiración en la fase oscura.

Las bajas temperaturas a las que puede estar expuesto el maíz ya sea debido a siembras tempranas o climas fríos suponen un estrés importante justo después de la siembra. Este estrés dependerá de si la semilla ya se ha hinchado con humedad, ha comenzado o no el desarrollo y si ha emergido a la superficie. El frío no tiene un gran estrés en la primera fase de imbibición de la semilla, pero sí en el momento siguiente. El tiempo requerido para la emergencia de la raíz es proporcional a la temperatura del suelo. En cuanto al coleoptilo y mesocotilo, no se produce ningún desarrollo con temperaturas inferiores a 15°C. La germinación y emergencia óptima se da a temperaturas en torno a 30°C. Si se producen temperaturas negativas

Tabla 2. Resúmenes de variables meteorológicas mensuales (est. Zotes del Páramo, LE).

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Temperatura media (°C)	11,7	15,6	20,4	19,9	19	15,1	13,3
Temperatura Máxima absoluta (°C)	26,1	30,7	36,5	33,8	34	29,8	30,9
Temperatura Mínima absoluta (°C)	-2,8	0,4	6,4	6,3	4,6	2,1	0,6
Humedad relativa media (%)	53,5	65,8	60,7	64,4	67,3	67,3	64,9
Precipitaciones (mm)	4,4	68,0	24,4	21,0	18,5	2,3	11,4



(heladas), el desarrollo de la planta se verá reducido y habrá emergencias erráticas y con grados de desarrollo variables en las fincas.

Sin embargo, plántulas ya emergidas de maíz son relativamente resistentes al frío, con capacidad para tolerar temperaturas frías, aunque heladas débiles (-2°C) pueden ya dañar el tejido vegetal. Sin embargo, como el punto de crecimiento en ese momento sigue subterráneo y no sube por encima de la superficie hasta el estado vegetativo V6 (6 hojas verdaderas), tiene gran capacidad de regenerarse. Esa regeneración es generalmente rápida y apenas hay incidencia en el rendimiento del cultivo si las plantas se recuperan de forma normal. Un síntoma de estrés por temperaturas bajas en el maíz es la aparición de áreas púrpuras en las hojas de las plántulas. Esta coloración es variable, según la genética del híbrido del que se trate. No obstante, esta aparición del color púrpura en las hojas está relacionada también con un escaso desarrollo radicular a consecuencia de una baja disponibilidad de fósforo. En todo caso, la tonalidad de la falta de fósforo es más rojiza que el púrpura asociado al estrés por frío.

Las principales características físicas del suelo que influyen en un correcto desarrollo del maíz están vinculadas al drenaje y aireación del suelo así como a su capacidad de retención de agua. Las texturas más favorables ▶▶▶

para el maíz son suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos, con un buen drenaje que permita una aireación suficiente y a su vez que se calienten suficientemente en primavera con la insolación manteniendo una humedad apropiada para la germinación y el desarrollo inicial de la planta.

El encharcamiento es un factor limitante al desarrollo, tanto en las etapas iniciales del ciclo de la planta como en plantas ya adultas. Suelos encharcados durante más de 3-4 días provocan daño en las plántulas, mientras que en las plantas adultas un solo día de encharcamiento es suficiente para provocar daños. Durante el encharcamiento, se produce una restricción en el crecimiento de la raíz y en la absorción de nutrientes, pero además se pueden perder estos por lixiviación a aguas subterráneas. Los suelos más ligeros, como los arenosos, con menor capacidad de retención de agua, pueden ser adecuados para el desarrollo del maíz siempre que garanticen un suministro suficiente de agua, aunque en este tipo de suelos el lavado de los nutrientes puede ser mayor, y el maíz es una planta ávida de nutrientes.

El cultivo de maíz es un cultivo que requiere gran cantidad de agua, por lo tanto en general se suele cultivar en condiciones de regadío o en áreas de secanos frescos o de gran pluviometría. A pesar de requerir grandes volúmenes de agua, esto viene determinado por su alta tasa de crecimiento, ya que el maíz, en contra de lo que podría parecer, tiene la mayor tasa de rendimiento por agua transpirada, es decir, es el cultivo que más kilogramos crea por cada mm de agua que pasa por la planta (30-37 kg de grano/mm/ha). Para ponerlo en contexto, este valor se encuentra en torno a 20 kg de grano/mm/ha en el caso del arroz y del trigo, en torno a 10-15 kg de grano/mm/ha en el caso de cultivos extensivos como la colza o leguminosas-grano (fuente: FAO, 2018).

Los momentos del ciclo del maíz con mayor sensibili-

Tabla 3. Tratamientos del ensayo de Bioestimulantes en Valdefuentes del Páramo, 2017.

Tesis	PRODUCTO	DOSIS	MOMENTO
1			Testigo sin tratar
2	STILO VERDE®	2,5 l/ha	Post-emergencia del cultivo en mezcla con el herbicida de post-emergencia (3-6 hojas)
3	STILO VERDE® + EFFICIENT®	2 l/ha + 8 l/ha	Post-emergencia del cultivo en mezcla con el herbicida de post-emergencia (3-6 hojas)
4	Tratamiento ESTANDAR	A su dosis comercial	Post-emergencia del cultivo en mezcla con el herbicida de post-emergencia (3-6 hojas)

Tabla 4. Productos herbicidas utilizados en maíz el ensayo con productos bioestimulantes de SIPCAM IBERIA en Valdefuentes de Páramo (León). Campaña 2017.

Cultivo	Tipo de fitosanitario	Producto	Dosis
MAÍZ	Herbicida de postemergencia del cultivo (Control de gramíneas y dicotiledóneas) Estado de 6-8 hojas (mediados de junio de 2017)	31,25% p/v S-metolacoloro 18,75% p/v Terbutilazina	3l/ha
		50 % p/p Dicamba 50 % p/p Prosulufuron	400g/ha
		Nicosulfuron 6% p/v	0,5l/ha



dad al estrés hídrico son siempre los momentos próximos a la polinización, observándose una cierta adaptación al estrés hídrico con menor impacto en el rendimiento en el resto de los estados vegetativos y de maduración. Numerosos estudios han demostrado este mayor impacto del estrés en la pre-polinización y los momentos post-polinización iniciales. Esto se ha observado ya que hay numerosos estudios enfocados a la reducción del riego en el maíz con la finalidad de minimizar la caída del rendimiento (Çakir, 2004). El estrés hídrico en el desarrollo vegetativo llega a influir también en el rendimiento si se llega a producir una significativa reducción del área foliar.

En términos de requerimientos de fertilización, debido a la gran tasa de crecimiento del maíz la respuesta a la fertilización es generalmente positiva. En muchos casos la fertilidad del suelo o la fertilización es el prin-

principal factor limitante del crecimiento y de los rendimientos del maíz. Las extracciones de nutrientes del maíz son, por este orden, de N, K y P dentro de los principales nutrientes, seguido de Mg, Ca y S. Entre los microelementos importantes para el crecimiento del maíz, son destacables las extracciones de Fe, Zn, Mn, Cu, B y Mo.

Las extracciones se aceleran con el desarrollo, sobre todo a partir del estado V8, y cada elemento tiene un ritmo de absorción diferente. La absorción de los macroelementos, y sobre todo del K, se produce en la primera mitad del ciclo, hasta poco después de la floración, mientras que el N se extrae principalmente en las semanas próximas (anteriores y posteriores) a la floración (MARM, 2010).

3) IMPLANTACIÓN ÓPTIMA DEL MAÍZ Y SU IMPLICACIÓN EN LA MEJORA DE LOS RENDIMIENTOS

Las fases iniciales del cultivo del maíz, en las que ocurre la implantación del cultivo de forma correcta, son fases críticas para obtener unos rendimientos elevados del maíz. Para ello, hay una serie de condicionantes que pueden comprometer esta correcta implantación, y sobre los cuales se puede incidir para minimizar su efecto o incluso evitarlo:

► Temperaturas bajas del suelo y del aire. En climas templados, de latitudes más altas respecto a las latitudes donde se domesticó el maíz, en el momento de la siembra se pueden dar condiciones climáticas desfavorables relacionadas con bajas temperaturas. Además, es un momento en el que la disponibilidad del P aportado con la fertilización convencional puede quedar limitado por esas bajas tem-

peraturas, siendo además un elemento clave en las fases iniciales del desarrollo de la planta, sobre todo de la raíz.

Para ello, la investigación centrada en la selección de híbridos de diferentes ciclos tiene un papel fundamental. Ciclos más cortos (200-400) suelen utilizarse en zonas más frías, mientras que los ciclos más largos (hasta 800) son más interesantes para zonas más cálidas.

También es posible manejar la temperatura del suelo con cubiertas vegetales o con la humedad. La temperatura del suelo es más baja cuando se mantienen rastrojos de cosechas anteriores en superficie, es decir, bajo cubierta vegetal.

► Textura del suelo correcta. Como ya se apuntó, el maíz se desarrolla mejor en suelos francos y es muy sensible al encharcamiento. Las labores que se realizan de forma general en el suelo antes de la siembra suelen garantizar una textura apropiada para la germinación y desarrollo inicial del maíz. Además, la configuración de la raíz, al ser relativamente superficial, hace del maíz una planta que no vea limitado su desarrollo por una compactación excesiva del subsuelo.

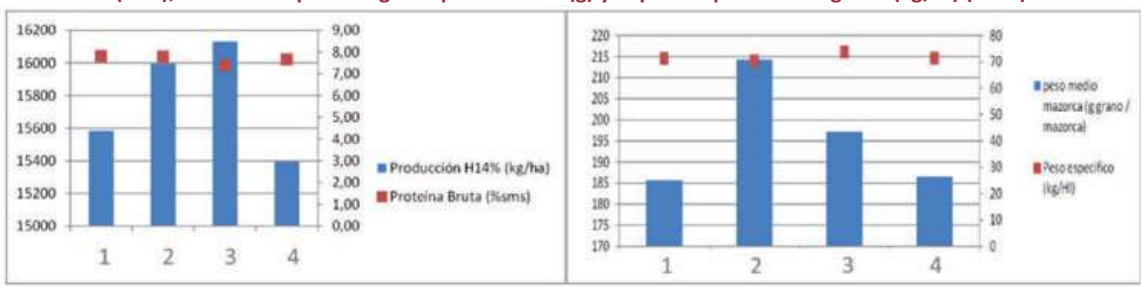
► Plagas y enfermedades del suelo. En las fases ►►►

Tabla 5. Parámetros del rendimiento analizados en el ensayo con productos bioestimulantes de SIPCAM IBERIA en Valdefuentes de Páramo (León). Significación estadística: ns: no significativo, *: P<0,05.

Tesis	PRODUCTO	%nascencia	NDVI 15-jun	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)
1	Testigo	92,0 ab	0,61	270	98
2	STILO VERDE®	82,8 b	0,55	265	105
3	STILO VERDE® + EFFICIENT®	85,0 ab	0,50	270	101
4	Tratamiento ESTANDAR	94,0 a	0,53	257	94
	Media	88,4	0,55	265,5	99,4
	Coefficiente de variación	7,2	14,6	6,6	8,9
	Nivel de significación	*	ns	ns	ns

Tesis	PRODUCTO	Peso medio mazorca (g)	Kg/ha 14%hum	Peso específico (kg/hl)	Proteína Bruta (% sms)
1	Testigo	185,6	15584	71,3	7,79
2	STILO VERDE®	214,3	15996	70,3	7,78
3	STILO VERDE® + EFFICIENT®	197,2	16132	73,7	7,38
4	Tratamiento ESTANDAR	186,5	15394	71,4	7,66
	Media	195,9	15776	71,7	7,65
	Coefficiente de variación	9,2	12,1	3,1	5,9
	Nivel de significación	ns	ns	ns	ns

Figura 1. Gráficos que reflejan el rendimiento en grano (kg/ha) igualado al 14% de humedad y la proteína bruta (%) (izda), así como el peso de grano por mazorca (g) y el peso específico del grano (kg/hl) (dcha).



iniciales, las plántulas del maíz podrían verse afectada por hongos del suelo. Además, otras amenazas en el suelo vienen por parte de gusanos de suelo, que son larvas de diferentes especies de insectos. En todo caso, existen soluciones para evitar o reducir la incidencia de estas plagas y enfermedades:

- Insecticidas granulados en línea de siembra, que consiguen evitar la pérdida de plántulas como consecuencia de los ataques de gusanos de suelo. **TRIKA® LAMBDA 1** (lambda-cihalotrin 0,4% GR) es un ejemplo de insecticida granulado con aplicación en maíz (10-15 kg/ha) para evitar ataques de gusanos de suelo.

- Tratamiento fitosanitario de semilla (fitosanitarios con formulación FS):

- Fungicidas: difenoconazol, tiram, fludioxonil,...

- Insecticidas: neonicotinoides sistémicos y piretrinas.

- ▶ Plagas que afectan a la parte aérea.

En general, el ataque de gusanos de suelo, gusanos grises y taladro del maíz, pulgones y araña roja son las plagas que suelen tener mayor incidencia en el cultivo del maíz, aunque estas plagas afectan de forma muy variable por áreas geográficas y en función de las variedades de maíz. Roya, tizón y carbón de la espiga son los hongos más frecuentes, aunque el maíz se puede considerar una planta relativamente resistente a ataques fúngicos.

- ▶ Fitotoxicidad producida por aplicaciones de herbicida. Existen caso de daños por fitotoxicidad, ya sea por un herbicida aplicado directamente sobre el maíz, o bien por residuos de herbicidas aplicados en cultivos anteriores que siguen ejerciendo un efecto sobre plantas en desarrollo. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que en algunas ocasiones este daño permanece oculto, y se manifiesta simplemente como una parada del desarrollo vegetativo que reduce la correcta implantación del cultivo. En este caso, la aplicación de bioestimulantes puede ser una opción interesante para evitar esta parada del desarrollo.

4) ENSAYO ITAGRA-SIPCAM

Desde SIPCAM IBERIA se ha llevado a cabo en el año 2017 un convenio de colaboración con ITAGRAct, con el objetivo principal evaluar el efecto estimulante que



tiene la aplicación foliar de **STILO® VERDE** en mezcla con los herbicidas de post-emergencia y su influencia en el desarrollo del cultivo y la producción final de la cosecha, comparándolo con estándar que se comercializa para una aplicación en el mismo momento y un testigo sin tratamiento.

En la actualidad, existe cada vez más información que avala la utilización de bioestimulantes en aplicación foliar en muchos cultivos, ya que tienen la capacidad de mejorar el estado general y estado nutricional de los cultivos sin ser un producto fertilizante *per se*, debido a que hay múltiples rutas metabólicas que pueden activarse o verse afectadas por esta aplicación.

SIPCAM IBERIA ha diseñado específicamente **STILO® VERDE** como bioestimulante para la aplicación foliar en cultivos extensivos en pleno crecimiento, ▶▶▶

por su equilibrado contenido en aminoácidos, además de su contenido en Zn, Mn, S, N orgánico, pH próximo a la neutralidad (sinergia con fitosanitarios). En conjunto, se trata de un bioestimulante de segunda generación con efectos beneficiosos demostrados ampliamente en maíz y cereal de invierno. Además, se ha observado una sinergia cuando se aplica en mezcla con EFFICIENT®, fertilizante foliar/suelo de nitrógeno en forma de urea y urea-formaldehído, de liberación gradual y que no daña la masa foliar (28% N).

► METODOLOGÍA Y VARIABLES A EVALUAR

El estudio se realizó a lo largo de la campaña 2017, y las distintas fases del estudio se programaron de acuerdo con la tabla 1.

El ensayo se localizó en la provincia de León, localidad de Valdefuentes del Páramo, concretamente en el polígono 302, parcela 5 del mencionado término municipal. La parcela se eligió por tratarse de un terreno de fertilidad homogénea (sin vetas aparentes del terreno), con apenas o nula pendiente y con fácil acceso para poder tener la oportunidad de realizar visitas.

La estación meteorológica desde la cual se obtenidos los datos relativos al período del ensayo se encuentra en el término municipal de Zotes del Páramo (León), dentro de la Red INFORIEGO. Los parámetros considerados han sido temperaturas medias, máximas, mínimas, precipitaciones y humedades relativas medias (tabla 3).

La campaña agrícola del maíz estuvo marcada por la ausencia de lluvias, que en el caso del cultivo de regadío se ha paliado mediante el aporte de riegos semanales.

En lo relativo al cultivo, se trabajó con una parcela de maíz grano (*Zea mays*), variedad DKC5031® de la casa de semillas DEKALB (ciclo FAO 400), homogéneamente nacida, a una densidad de siembra aproximada de 99.000 semillas/ha (marco de siembra de 53 x 19cm). La siembra se realizó el 4 de mayo de 2017 y el muestreo de cosecha se realizó el 25 de octubre. La semilla utilizada en la siembra al ser certificada, se encontraba seleccionada y tratada con productos fitosanitarios autorizados contra plagas y enfermedades.

El mantenimiento del cultivo se ha realizado de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas. El tipo de laboreo fue laboreo convencional, y el cultivo del año anterior fue también maíz. En concreto la estrategia de fertilización llevada a cabo ha sido la aplicación de fondo de 700kg/ha del complejo de 7-18-27 (49 kg N – 126 kg P₂O₅ – 189 kg K₂O) y una cobertera en estado de 6-8 hojas de 800 kg/ha de NSA26% (208kg de N). Como tratamientos fitosanitarios para el control de gramíneas y dicotiledóneas se han aplicado de acuerdo con lo indicado en tabla 4.



Respecto a los riegos, desde el 22 de junio hasta el 13 de septiembre se han dado 13 riegos de 5 h de duración (35litros / semana, 455 litros aportados en total). La recolección se realizó de manera manual cogiendo las mazorcas de unos de los surcos centrales de cada microparcela, y éstas se han desgranado con cosechadora de ensayos.

Los tratamientos que se llevaron a cabo en el ensayo se reflejan en la tabla 3.

El diseño experimental ha sido en bandas continuas de cada tratamiento y posteriormente divididas en cuatro repeticiones, con un tamaño de unidad experimental de 3 m de anchura y 10 m de longitud.

Variables evaluadas:

* Aspecto visual después de los tratamientos. Valoración visual del estado del cultivo después de las aplicaciones, si supera mejor el estrés provocado por el tratamiento herbicida. Hacer una valoración en peso medio biomasa/m² a las 2 semanas después del tratamiento herbicida. Se han realizado 4 valoraciones por repetición en una superficie de 0,25 m².

* Componentes del rendimiento y cosecha comercial. Se realizó un muestreo para la determinación de los componentes del rendimiento. Esto ha consistido en muestrear el número de mazorcas por surco de parcela elemental (mínimo 10m lineales), y tomar muestras de grano para en laboratorio poder determinar el peso específico, la humedad y la proteína del grano y con 4 repeticiones por tratamiento para poder realizar tratamiento estadístico.

► RESULTADOS

El análisis estadístico general de los resultados se realizó con ayuda del programa estadístico SPSS versión 23.0. Además de determinar si existieron diferencias entre las medias mediante el ANOVA, se determinó qué tratamientos difieren entre sí.

La significación del análisis de la varianza se determinó para alcanzar los siguientes niveles de probabilidad: $P < 0,05$ y $P < 0,01$; es decir que al hacer el ANOVA cuando la probabilidad resultante es menor que los niveles antes citados, puede decirse que hay diferencias ligeramente importantes ($P < 0,05$) o importantes ($P < 0,01$), de variabilidad entre los tratamientos. En la tabla 5 se muestran los parámetros analizados en el ensayo.

A tenor de los resultados de producción observados, pese a no haberse obtenido diferencias estadísticas significativas, parece que se ha obtenido una mejor respuesta final con los tratamientos 2 y 3, ya que partían de una ligera peor nascencia de plantas y con estos tratamientos se han obtenido las producciones de grano mayores (figura 1).

Cabe señalar que el peso medio de las mazorcas obtenido sobre todo con el tratamiento 2 es superior al del testigo, por lo que se deduce que ha habido una compensación en el crecimiento de las mazorcas de este tratamiento ya que hay un número de plantas significativamente menor que en otros tratamientos, por la no homogeneidad de la nascencia. No se puede achacar este efecto únicamente a STILO® VERDE, aunque es cierto que estas plantas han compensado con creces no sólo en el tamaño de la mazorca, sino también en el rendimiento, esos fallos de nascencia.

En cuanto a peso específico, el tratamiento de STILO® VERDE con EFFICIENT® ha tenido el mejor de todos los resultados, algo que podría ser debido al mejor estado nutricional en cuando a la aplicación de nitrógeno foliar de asimilación gradual que supone EFFICIENT® (urea-formaldehído, 28% N).

► CONCLUSIONES

A pesar de que la campaña de maíz 2017 ha discurrido con un nivel de precipitaciones muy desfavorable en cuanto a cantidad y reparto, los productos bioestimulantes evaluados han podido expresar su respuesta en cuanto al rendimiento y calidad se refiere. Pese a que no se hayan observado diferencias significativas en los parámetros evaluados, sí se observa una tendencia satisfactoria tras el empleo de este tipo de productos.

De esta manera se han obtenido incrementos de rendimiento cercanos al 5% frente al testigo sin bioestimulante y frente a otro bioestimulante de la competencia.

Al no haber llevado a cabo la experiencia con un diseño estadístico adecuado (bloques al azar) puede que los tratamientos con STILO® VERDE y STILO® VERDE + EFFICIENT® partieran de un ligero estado peor de desarrollo (por una veta en el terreno), lo cual acentúa de una manera positiva los resultados de rendimiento y calidad finalmente obtenidos.

5) CONCLUSIONES Y POSICIONAMIENTO DE LOS PRODUCTOS

- Los primeros momentos de desarrollo del maíz son cruciales para un correcto desarrollo del cultivo, y con una gran influencia en los rendimientos.

- Las condiciones desfavorables más habituales en los primeros momentos del establecimiento del cultivo en latitudes como la zona Norte de España suelen asociarse a temperaturas bajas, encharcamiento o bloqueo de nutrientes por las condiciones del suelo.

- La aplicación de fósforo altamente soluble, de reacción ácida, junto con una sustancia húmica que facilita la disponibilidad de P y otros nutrientes es muy interesante para el desarrollo inicial de la raíz.

- Además, la protección fitosanitaria en cuanto a plagas presentes en el suelo con insecticidas, combinada en TRIKA® LAMBDA 1, completa la herramienta para un desarrollo inicial del maíz con éxito y con la mínimas pérdidas de plantas viables.

- Además, la aplicación de bioestimulantes como STILO® VERDE en los momentos de 4-8 hojas, un momento clave donde también hay situaciones de estrés ambiental y/o causado por otros fitosanitarios, se ha demostrado una herramienta útil para completar una correcta implantación del cultivo.

- Una completa protección y bioestimulación en las fases iniciales del cultivo del maíz tienen un impacto positivo demostrado en los rendimientos del cultivo.

6) REFERENCIAS

Atkinson, RRL, Mockford, E.J., Bennett, c. Christin, P.A., Spriggs., E.L., Freckleton, Robert P, Thompson, Ken, Rees, Mark, Osborne, Colin P (2016) C4 photosynthesis boosts growth by altering physiology, allocation and size. *Nature Plants*, vol. 2, 16038

Çakir, R. (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research* 89, 1-16

FAO. 2018. http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/the-matic-reports/TR_07_web.pdf Consultado el 19 de febrero de 2018.

Iowa State University. Crop Production, Corn. https://crops.extension.ia-state.edu/search/content?f%5B0%5D=im_field_category%3A1&retain-filters=1. Consultado el 20 de febrero de 2018.

Lee E.A., Tracy W.F. (2009) *Modern Maize Breeding*. In: Bennetzen J.L., Hake S. (eds) *Handbook of Maize*. Springer, New York, NY

MARM, 2010. *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ediciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Taiz L., Zeiger E. (2006). *Plant physiology*. 4th Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland.